



Universidad Tecnológica Ecotec

**Facultad De Ingenierías, Arquitectura Y
Ciencias De La Naturaleza.**

Título del trabajo:

“Evaluación Del Efecto De Controladores Biológicos Y Químicos En El
Manchado Del Grano De Arroz (*Oryza Sativa L.*) Variedad Éxodo 11, Cantón
Samborondón 2025”

Línea de investigación:

Gestión de los procesos productivos agrícolas

Modalidad de titulación:

Trabajo de integración curricular

Carrera:

Agronomía

Título a obtener:

Ingeniero agrónomo

Autor:

Navarrete de la Eze María Del Carmen
Guerrero Lara Marcos Anderson

Tutor

Hernández Rosas José Ibrahim, Phd

Samborondón – Ecuador

2025

Agradecimiento

Guerrero Lara Marcos Anderson.

A Dios, por ser mi guía y mi fortaleza. Gracias por acompañarme en cada paso, por darme luz en los momentos de oscuridad y por bendecirme con la oportunidad de llegar hasta aquí. A mi familia, mi refugio y mi mayor motor. A mis padres y hermanos, gracias por su amor sin condiciones, por su apoyo constante y por estar siempre presentes, incluso en la distancia. Cada palabra de aliento, cada gesto de cariño y cada sacrificio han sido el impulso que me permitió seguir adelante.

Navarrete de la Ese María del Carmen

Con profundo amor y gratitud, quiero agradecerme a mí misma por no rendirme, por cada lágrima que se convirtió en fuerza, por cada tropiezo que transformé en aprendizaje y por seguir adelante aun cuando el camino parecía incierto. Agradezco también a Dios, quien fue mi guía constante, mi refugio en los momentos difíciles y mi mayor fortaleza. Sin Su luz y sin mi propia determinación, este logro no habría sido posible.

A mis padres, Carmen de la Ese y Gustavo Navarrete, por su amor incondicional y sus sacrificios silenciosos. A mis hermanos, Nilo, Gustavo, Edixon y Pitter, por su cariño y apoyo incondicional. A Marisol Gómez, por su ayuda oportuna y sincera. A mi amor, Jhon Zuñiga, por su paciencia, compañía y aliento constante.

Dedicatoria

Guerrero Lara Marcos Anderson.

A mis padres, Sr. Marco Guerrero y Sra. Verónica Lara con todo mi amor gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por estar siempre ahí con palabras de aliento. Su amor, su esfuerzo y sus sacrificios me han sostenido en cada paso de este camino. Este logro no sería posible sin ustedes. Esta tesis es tan mía como suya.

Dedicatoria

Navarrete de la Ese María del Carmen

A Dios, por ser mi guía y refugio en cada paso. Por llenarme de sabiduría, darme paz en medio de las tormentas y por recordarme siempre que con fe todo es posible. A mis padres, Carmen de la Ese y Gustavo Navarrete, por ser la base firme sobre la cual construyo mis sueños. Gracias por sus sacrificios, su amor incondicional y por enseñarme que el esfuerzo y la humildad siempre llevan lejos. A mis hermanos, Nilo, Gustavo, Edixon y Pitter, por ser mi fuerza silenciosa, mi motivo de orgullo y mi alegría constante. Ustedes han sido compañía y aliento en este largo camino.

A José Coloma, quien vive en mi recuerdo y en cada logro que consigo. Aunque su ausencia duele, su presencia espiritual me acompañó en cada jornada. Esta meta también es tuya. Y a ti, mi amado Jhon Zuñiga, por ser un apoyo. Gracias por tomarte cada uno de mis sueños como tuyos, por abrazarme con palabras y silencios, por tu amor genuino, eres una parte hermosa de mi historia, y me siento bendecida por tenerte.

A todos ustedes, con el corazón lleno de gratitud y amor, les dedico este triunfo, que es también el reflejo de todo lo que me han dado.



ANEXO No. 12

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

Samboyondón, 15 de agosto de 2025

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Unidad Académica: Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CONTROLADORES BIOLÓGICOS Y QUÍMICO EN EL MANCHADO DEL GRANO DE ARROZ (*ORYZA SATIVA L.*) VARIEDAD ÉXODO 11, CANTÓN SAMBORONDON 2025”, fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, por lo que se autoriza al estudiante MARÍA DEL CARMEN NAVARRETE DE LA ESE, MARCOS ANDERSON GUERRERO LARA, para que proceda con la presentación oral del mismo.

Atentamente,



Firma

José Ibrahín Hernández Rosas, PhD
Tutor



ANEXO No. 10

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CONTROLADORES BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS EN EL MANCHADO DEL GRANO DE ARROZ (ORYZA SATIVA L.) VARIEDAD ÉXODO 11, CANTÓN SAMBORONDON 2025”, elaborado por MARÍA DEL CARMEN NAVARRETE DE LA ESE, MARCOS ANDERSON GUERRERO LARA, fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del 4% mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta print de pantalla de dicho resultado.

The screenshot displays a plagiarism report for a document titled "Evaluación del efecto de controladores biológicos y químicos en el manchado del grano de arroz (Oryza sativa L.) Variedad exodo 11, cantón Samborondón 2025". The report shows a 4% match rate. The interface includes a sidebar with the document title and author information, and a main area with a list of sources (Fuentes) and a table of included sources (Fuentes incluidas).

Fuentes incluidas	Porcentaje
Internet (8)	3 %
Base de datos global (2)	1 %
Publicaciones y diarios académicos (2)	0 %
Fuentes principales	

ATENTAMENTE,



JOSE IBRAHIN
HERNANDEZ ROSAS

**Firma
José Ibrahin Hernández Rosas, PhD.
Tutor**

Resumen

El presente estudio se realizó durante el ciclo productivo de diciembre a de 2025 en plantaciones de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Éxodo 11, en el cantón Samborondón, Ecuador. Se evaluaron variables agronómicas como altura de planta, número de espigas, número de granos por espiga y porcentaje de manchado de grano, bajo tratamientos con productos químicos (Diluyentes y Acondicionadores, Ciprodinil + Fludioxinil, Clorhidrato de polihexametileno) y biológicos (*Bacillus* spp. y *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii*) aplicados en diferentes dosis.

Los resultados demostraron que el tratamiento con *Trichoderma* a 60 mL incrementó el número promedio de granos por espiga hasta 160,9 granos, mientras que el tratamiento químico con Plata coloidal a 60 g alcanzó 168,2 granos por espiga, reduciendo el manchado de grano en más del 25% respecto al testigo. En contraste, el testigo presentó un promedio de solo 151,4 granos por espiga, con mayor incidencia de manchado. Estos hallazgos permiten concluir que tanto los controladores biológicos como los químicos evaluados son efectivos para reducir la severidad del manchado de grano, destacando especialmente los tratamientos mencionados por su impacto positivo en el rendimiento. Se recomienda su inclusión en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para arroz en la región.

Palabras clave: arroz, manchado de grano, control biológico, fungicidas, rendimiento agrícola

Abstract

This study was conducted during the production cycle from December to 2025 in rice plantations (*Oryza sativa* L.) of the Exodus 11 variety, in the canton of Samborondón, Ecuador. Agronomic variables such as plant height, number of ears, number of grains per ear, and percentage of grain spotting were evaluated under treatments with chemical (free iodine, cyprodinil + fludioxinil, colloidal silver) and biological (*Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii*) products applied at different doses.

The results showed that treatment with *Trichoderma* at 60 mL increased the average number of grains per ear to 160.9 grains, while chemical treatment with colloidal silver at 60 g achieved 168.2 grains per ear, reducing grain spotting by more than 25% compared to the control. In contrast, the control crop had an average of only 151.4 grains per ear, with a higher incidence of spotting. These findings allow us to conclude that both the biological and chemical controls evaluated are effective in reducing the severity of grain spotting, with the aforementioned treatments particularly notable for their positive impact on yield. Their inclusion in Integrated Pest Management (IPM) programs for rice in the region is recommended.

Keywords: rice, grain spotting, biological control, fungicides, crop yield

índice

1. Introducción	13
1.1 Antecedentes del problema	13
1.2 Planteamiento y formulación del problema	15
1.2.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2.2 Formulación del problema.....	17
1.2.3 Justificación de la investigación	17
1.3 Objetivo general	18
1.4 Objetivos específicos	18
2. Marco teórico	19
2.1 Estado del arte	19
2.2 Bases teóricas.....	23
2.2.1 Generalidades del cultivo	23
2.2.1.1 Origen	23
2.2.1.2 Taxonomía.....	24
2.2.1.3 Morfología.....	25
2.2.2. Cultivo de arroz en Ecuador.....	28
2.2.3 Principales enfermedades que atacan el cultivo del Arroz.....	28
2.2.3.1 Manchado del grano	28
2.2.3.2 Pudrición de la vaina.....	29
2.2.3.2 Complejo del manchado del grano de arroz	29
3.1 Enfoque de la investigación.....	31
3.1.1 Espacial	31
3.1.2 Temporal.....	31
3.1.3 Población	32
3.2 Enfoque de la investigación.....	32
3.2.1 Tipo de investigación	32
3.2.2 Diseño de investigación	32

3.3 Metodología.....	33
3.3.1 Variables	33
3.3.1.1 Variable independiente	33
3.3.2 Hipótesis	33
3.3.3 Diseño experimental	34
3.3.4 Recursos.....	35
3.3.5 Métodos y técnicas	35
3.3.5.1 Diagrama de flujo de las actividades experimentales a realizar durante su trabajo de titulación.....	38
3.3.6 Análisis estadístico.....	38
4. Resultados y Discusión	39
4.1 Discusión.....	54
5. Conclusiones	59
6. Recomendaciones	61
9. Anexo.....	63

Índice de tablas

Tabla 1. Característica de Éxodo INIAP 11.....	23
Tabla2. Recursos.....	32
Tabla 3. Tabla de actividades.....	34
Tabla 4. Altura(cm) promedio del arroz con tratamiento biológico	35
Tabla 5. Altura (cm) promedio con tratamiento químico utilizados en el cultivo de arroz.....	36
Tabla 6. Número de espigas por macollo con tratamiento biológico en el cultivo de arroz para el control de manchado de grano.....	37
Tabla 7. Número de macollas por macolla con tratamiento químico en el cultivo de arroz...38	
Tabla 8. Número de granos por espiga con tratamiento biológico en el cultivo de arroz.....	39
Tabla 9 Número de granos por espiga con tratamiento químico en el cultivo de arroz.....	40
Tabla 10 Número de granos por manchados por espiga con tratamiento biológico en el cultivo de arroz.....	41
Tabla 11. Número de granos por manchados por espiga con tratamiento químico en el cultivo de arroz.....	42
Tabla 12. Anova de variables en estudio.....	44
Tabla 13 Anova de variables de control biológico y químico.....	47
Tabla 14. <i>Análisis comparativo de tratamientos biológicos para el control de manchado de grano</i>	48
Tabla 15. Análisis comparativo de tratamientos químico para el control de manchado de grano.....	50

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del ensayo experimental.....	30
Figura 2. Diagrama de flujo de actividades experimentales	34

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El manchado de grano en arroz (*Oryza sativa* L.) es una de las principales enfermedades que afecta la calidad y el valor comercial del cultivo. Este trastorno se manifiesta por la aparición de manchas oscuras o decoloraciones en la cáscara del grano, asociadas a diversos patógenos fúngicos y bacterianos como *Curvularia lunata*, *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.*, y *Sarocladium oryzae* (Khamari, 2020) (Persaud R, 2019). Estas afecciones no solo reducen el rendimiento, sino que afectan significativamente la aceptabilidad en los mercados, limitando las posibilidades de exportación. (Persaud, Payman, Singh, & Persaud, 2022)

A nivel global, el arroz representa una fuente principal de alimentación, proporcionando más de una quinta parte de las calorías diarias que consume la humanidad y empleando el 11% de los terrenos de cultivo del mundo. Se proyecta que la demanda mundial de arroz aumentará de 480 millones de toneladas en 2014 a cerca de 550 millones para el año 2030, gracias al aumento poblacional y al crecimiento económico en las naciones en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019).

En los últimos años, el uso de agentes de control biológico ha mostrado avances destacados en el manejo del manchado de grano en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), consolidándose como una alternativa eficiente y sostenible frente a los agroquímicos convencionales. Organismos como *Bacillus spp.* y *Trichoderma spp.* han demostrado inhibir patógenos asociados al manchado mediante la producción de compuestos antimicrobianos (Ocón Zúniga H. J., 2022) . Asimismo, estos biocontroladores promueven el crecimiento vegetal e inducen mecanismos de resistencia en la planta, lo que mejora significativamente tanto la productividad como la calidad del grano (Burgos Burgos, 2017).

El uso de agentes de control biológico en la gestión del manchado de grano en el arroz ha experimentado un notable progreso en años recientes, estableciéndose como una opción eficiente y sustentable en contraposición a los agroquímicos convencionales. Microorganismos como las bacterias *Bacillus* y los hongos *Trichoderma* no solo regulan patógenos a través de la producción de compuestos antimicrobianos, sino que también fomentan el crecimiento vegetal e impulsan mecanismos de resistencia en las plantas, lo que incrementa tanto la productividad como la calidad del cultivo (Thomas, 2020).

En Ecuador, la implementación progresiva de prácticas agrícolas más sostenibles ha comenzado a mostrar resultados positivos, respaldados por investigaciones que destacan su impacto en el aumento de la productividad y la reducción de residuos químicos en los ecosistemas agrícolas (Guamán-Rivera, 2023). Si bien los fungicidas y bactericidas continúan siendo herramientas efectivas para mitigar pérdidas en el cultivo, su uso plantea desafíos importantes, como la creciente resistencia de los patógenos y los efectos adversos sobre el medio ambiente. Uno de los problemas fitosanitarios más relevantes es el manchado del grano, una enfermedad compleja provocada tanto por hongos como por bacterias, que afecta directamente la calidad del producto final y, por ende, disminuye su valor comercial (Savary, y otros, 2019).

En Europa, la aplicación de fungicidas es habitual para regular la mancha de grano, aunque se nota una inclinación ascendente hacia la adopción de prácticas más sustentables y amigables con el medio ambiente, a causa de normativas rigurosas sobre la utilización de pesticidas (Retema, 2023). Los reguladores biológicos son instrumentos fundamentales en la administración de plagas y enfermedades que impactan la calidad del grano en la agricultura global. Estos microorganismos comprenden bacterias, hongos, virus y nematodos, que funcionan de forma autónoma contra los patógenos que provocan la mancha en el grano. (Kumar N. D., 2021).

Diversos estudios han demostrado la eficacia de fungicidas sistémicos y de contacto en el manejo del manchado del grano. Por ejemplo, (Surendran , Sasikumar, Nimmy , & Jyothi

, 2023) En naciones de gran producción como Brasil, China y Estados Unidos, se han registrado ejemplos exitosos de empleo de estos controladores, disminuyendo considerablemente las pérdidas post cosecha. No obstante, todavía persisten retos, como la normativa y el gasto de aplicación, que restringen su implementación a gran escala (Wagner Bettiol, Marta Rivera, Marta Rivera, & Jesús Mena, 2014). En América, el enfoque del control químico sigue siendo predominante, especialmente en países como Perú, Colombia, Brasil y Estados Unidos, donde se aplican fungicidas de amplio espectro para el manejo de la enfermedad, aunque también se han implementado sistemas de monitoreo y recomendaciones técnicas para minimizar el uso indiscriminado de químicos (S. Sreenivasaprasad, 2013).

El cultivo de arroz enfrenta serias amenazas debido a la presencia de más de 70 patógenos, entre ellos hongos, bacterias, virus y nematodos, los cuales afectan significativamente la calidad de las cosechas y reducen el rendimiento total del cultivo. Este desafío resalta la importancia de adoptar estrategias de manejo integrado de enfermedades para garantizar la sostenibilidad y productividad del arroz a nivel global (Surendran , Sasikumar, Nimmy , & Jyothi , 2023).

En Ecuador, el uso de fungicidas continúa siendo la principal herramienta para el control del manchado de grano en el cultivo de arroz; sin embargo, recientemente se ha comenzado a implementar el Manejo Integrado de Plagas (MIP), que combina el control químico con estrategias culturales y biológicas (Wagner Bettiol, Marta Rivera, Marta Rivera, & Jesús Mena, 2014).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El arroz (*Oryza sativa* L.) constituye uno de los cultivos alimenticios más importantes en Ecuador, en los últimos ciclos agrícolas, los productores de arroz en esta región han

reportado una disminución en la calidad del grano comercializado, atribuida principalmente a la presencia de enfermedades como el manchado de grano, una patología multifactorial causada por un complejo de hongos y bacterias.

Esta enfermedad se manifiesta como manchas de color marrón o negro en la cáscara del grano, las cuales no solo afectan la apariencia y la aceptación en el mercado, sino también la germinación de las semillas, reduciendo el potencial de producción. Tradicionalmente, el control del manchado de grano se ha basado en el uso de productos químicos sintéticos como fungicidas y bactericidas. Sin embargo, su uso intensivo ha generado preocupación por los efectos negativos en el ambiente, la salud humana y la aparición de resistencia en los patógenos. Además, el costo creciente de estos insumos representa una carga económica considerable para pequeños y medianos agricultores.

Ante esta problemática, surgen alternativas sostenibles como el uso de controladores biológicos, particularmente bacterias del género *Bacillus* y hongos como *Trichoderma*, los cuales han demostrado en investigaciones recientes una notable capacidad antagonista contra los patógenos causantes del manchado de grano, además de estimular el crecimiento vegetal y mejorar la salud del suelo. No obstante, en el cantón Samborondón no se han generado estudios locales que comparen de manera sistemática la eficacia de estos biocontroladores frente a los productos químicos tradicionales en la variedad de arroz Éxodo 11, ampliamente cultivada en la zona por su buen rendimiento y adaptabilidad.

Frente a este contexto, surge la necesidad de evaluar en condiciones de campo el efecto de diferentes tratamientos biológicos y químicos sobre la incidencia y severidad del manchado de arroz en la variedad Éxodo 11, con el fin de proponer alternativas eficientes, económicamente viables y ambientalmente amigables para el manejo de esta enfermedad en la zona de estudio.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de los controladores biológicos (*Bacillus spp* y *Trichoderma spp*) y químicos en la reducción del manchado de grano en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) variedad Éxodo 11, en condiciones del cantón Samborondón durante el año 2025?

1.2.3 Justificación de la investigación

El manchado de grano en arroz representa el principal problema fitosanitario para los productores del cantón Samborondón, debido a que afecta directamente la calidad y el valor comercial del grano, generando pérdidas significativas, especialmente en mercados con altos estándares. Esta enfermedad, causada por un complejo de hongos y bacterias, ha sido tradicionalmente combatida mediante el uso de fungicidas, los cuales, aunque efectivos, pueden provocar resistencia en los patógenos si se aplican de forma inadecuada. Frente a esta situación, el presente estudio cobra importancia al evaluar tanto el control químico como el uso de controladores biológicos como alternativas complementarias y sostenibles.

El enfoque teórico, se busca ampliar el conocimiento sobre el control biológico en la provincia de Guayas, mientras que, en el plano metodológico, se pretende desarrollar y validar protocolos locales para su aplicación. En términos prácticos, los agentes biológicos podrían reducir costos, disminuir el impacto ambiental y mejorar la salud de los agricultores, contribuyendo así a una producción más sostenible y al desarrollo económico regional.

1.3 Objetivo general

Evaluar el uso de control químico y de los controladores biológicos sobre el nivel de manchado de grano y el rendimiento de arroz en el Cantón Samborondón en 2025.

1.4 Objetivos específicos

Evaluar los efectos de controladores biológicos y químicos sobre el manchado del grano de arroz mediante un diseño experimental enfocado en la reducción de patógenos fúngicos y bacterianos.

Cuantificar el efecto de los tratamientos biológicos y químicos sobre el manchado del grano de arroz, mediante análisis estadísticos que permitan identificar diferencias significativas y su efectividad frente a patógenos fúngicos y bacterianos.

Determinar los niveles de incidencia de manchado de grano en cultivos de arroz tratados con controladores químicos y biológicos, comparando su efectividad bajo condiciones de campo.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

El manchado de grano en el arroz es una de las enfermedades más limitantes para la producción y comercialización del cultivo, debido a su impacto en la apariencia y calidad del grano. Esta afección, provocada por un complejo de hongos y bacterias, compromete el valor comercial del arroz, especialmente en mercados donde se exigen estándares altos de calidad (González, I., Torres Celleri, C. A., Jines Carrasco, Á. P., Verdezoto Vargas, V. H., & Ramos Mosquera, I. E., 2018). En Ecuador, particularmente en zonas arroceras como Samborondón, se ha evidenciado un incremento en la incidencia de esta enfermedad, lo que ha llevado a la necesidad de evaluar estrategias de manejo más eficaces.

Tradicionalmente, el control químico mediante fungicidas ha sido una de las prácticas más empleadas para reducir la incidencia del manchado de grano. Sin embargo, el uso inadecuado o excesivo de estos productos puede generar resistencia en los patógenos y efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana (Gomez Gaibor, 2017).

Ante esta problemática, se ha propuesto el uso de controladores biológicos como alternativa sostenible al control químico. Organismos como *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* han demostrado eficacia en la reducción de enfermedades en arroz, actuando mediante mecanismos de competencia, antibiosis e inducción de defensas en las plantas (Solís Aguilar & Armas Soto, 2020). En un estudio desarrollado en Babahoyo, la aplicación de biocontroladores logró reducir significativamente la incidencia del manchado de grano, con beneficios adicionales como menor impacto ambiental y reducción de costos productivos (Rodrigo, 2016).

Se ha comprobado que ciertas cepas del género *Bacillus* pueden reducir significativamente el desarrollo de *Bipolaris oryzae*, un hongo asociado con el manchado del grano de arroz, logrando niveles de inhibición cercanos al 67 % en estudios controlados (Xue, 2020)

Paralelamente, el uso de microorganismos antagonistas ha ganado mayor relevancia como una alternativa más sostenible, con el potencial de reducir la dependencia de fungicidas importados, cuyos costos elevados y efectos adversos impactan tanto la salud de los agricultores como el entorno ecológico. Organismos como *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* han demostrado eficacia en el control de enfermedades agrícolas al competir con patógenos, estimular resistencia en las plantas y mejorar la salud del suelo. Este enfoque, además de ser más económico, promueve prácticas responsables que fortalecen la sostenibilidad del sector agrícola (Merchan Quimi, 2023).

Diversos estudios han propuesto enfoques integrados para mitigar este problema, incluyendo el uso de agentes químicos como fungicidas sistémicos y de contacto, y alternativas sostenibles como el control biológico a través de microorganismos benéficos como *Trichoderma spp.* y *Bacillus spp.* (Mau, 2022). La aplicación de biocontroladores ha cobrado relevancia ante las preocupaciones por residuos tóxicos, resistencia a fungicidas y la necesidad de mantener una agricultura más limpia y resiliente ante los desafíos climáticos actuales (Wang, 2019). Por tanto, se vuelve imperante comparar y analizar la eficacia de ambos métodos para establecer estrategias viables en la protección del cultivo de arroz en zonas como Samborondón, Ecuador.

En el cantón Samborondón, ubicado en la provincia de Guayas, Ecuador, el uso de controladores biológicos ha comenzado a ser una estrategia clave en la agricultura local, especialmente en cultivo como el arroz. Ante los desafíos de plagas y enfermedades, los agricultores están adoptando soluciones más sostenibles para reducir la dependencia de agroquímicos. Organismos como *Trichoderma* y *Bacillus* han mostrado efectividad en el control de hongos y bacterias que afectan la producción agrícola. (González, 2021). Los géneros de *Bacillus* son los agentes de control biológicos más investigados y desarrollados como bioplaguicidas que contribuyen en la supresión de patógenos en arroz, por efecto antagonista y competencia; esto conlleva a mayor rendimiento de granos, a diferencia cuando

no se controla el manchado con biofungicidas el rendimiento se ve afectado y disminuido a niveles importantes de producción (Mnif & Ghribi, 2015); (Tutiven, 2022).

La decoloración del grano o panícula sucia se está convirtiendo en un problema grave en las zonas productoras de arroz de todo el mundo, esta enfermedad se ha distribuido en Asia, África y América Latina causando daños al rendimiento y calidad del grano de arroz (Raghu, 2020). Según (Ronquillo, 2024) los factores climáticos son primordiales para asegurar la productividad del cultivo de arroz, especialmente en arroz de secano, los registros históricos de clima rendimientos y son primordiales para determinar la fecha de siembra del cultivo.

(Jiménez, 2021) los factores climáticos son primordiales para asegurar la productividad del cultivo de arroz, especialmente en arroz de secano, los registros históricos de clima rendimientos y son primordiales para determinar la fecha de siembra del cultivo.

(Cano, 2022) comparó el efecto de fungicidas biológicos, control químico y un testigo absoluto sobre la sanidad del cultivo de arroz, determinando que el uso de *Bacillus subtilis* permite reducir los porcentajes de incidencias de agentes patógenos como *Sarocladium oryzae*, *Helminthosporium oryzae* y *Pyricularia oryzae*. (Naveenkumar, 2017), reportaron que *Alternaria alternata* provoca pérdidas al afectar la calidad del grano y producir micotoxinas como alternariol (AOH)

El manchado de grano en arroz (*Oryza sativa* L.) es una enfermedad que ha adquirido relevancia por su impacto negativo en la calidad y viabilidad del grano, afectando tanto el valor comercial como el rendimiento en campo. Este problema fitosanitario es ocasionado por un complejo de microorganismos patógenos, entre los cuales destacan hongos como *Curvularia lunata*, *Alternaria spp.* y *Fusarium spp.*, así como bacterias del género *Burkholderia*. La alta incidencia de esta enfermedad ha motivado la búsqueda de alternativas sostenibles de manejo fitosanitario (Ocón Zúniga H. J., 2022)

Tradicionalmente, los agricultores han recurrido al uso de productos químicos para el control de estas enfermedades, especialmente fungicidas y bactericidas sintéticos. No obstante, el uso repetido e intensivo de estos compuestos ha generado preocupación debido a sus efectos colaterales sobre la salud humana, la biodiversidad microbiana del suelo y la posible resistencia de los patógenos (Wu, 2017). Como respuesta a estas limitaciones, el uso de controladores biológicos como *Bacillus spp.* y *Trichoderma spp.* ha emergido como una estrategia eficaz, económica y ambientalmente segura.

Diversos estudios han documentado que especies de *Bacillus*, como *B. amyloliquefaciens*, poseen propiedades antagonistas mediante la producción de metabolitos antimicrobianos, inducción de resistencia sistémica en plantas y competencia por nutrientes. En condiciones de campo, formulaciones de *Bacillus* han logrado reducir significativamente la severidad del manchado de grano y aumentar el rendimiento (Kumar V. S., 2020). Por su parte, *Trichoderma spp.* actúa por micoparasitismo, producción de enzimas líticas y colonización competitiva del rizósfera, aportando tanto al control de enfermedades como a la estimulación del crecimiento vegetal (Mau, 2022)

En Ecuador, particularmente en zonas productoras como Samborondón, no se han realizado suficientes estudios comparativos sobre la eficacia de estos controladores biológicos frente a los tratamientos químicos convencionales en la variedad Éxodo 11. Por tanto, es necesario generar información local que permita validar estas alternativas sostenibles en el contexto agroclimático y fitosanitario de la región. (Pérez, 2021). El manchado de grano en el arroz (*Oryza sativa L.*) representa un desafío persistente en la producción agrícola, afectando simultáneamente la calidad del grano, la germinación y el rendimiento final del cultivo. Este complejo patológico involucra principalmente hongos y bacterias como *Curvularia lunata*, *Burkholderia glumae*, *Fusarium*, *Alternaria* y otros. La incidencia de esta enfermedad ha impulsado investigaciones sobre métodos de control alternativos, con especial atención al uso de microorganismos con potencial antagonista, llevó a cabo un estudio en Nicaragua, (Ocón Zúniga H. J., 2022) evaluó el bioplaguicida *Bacillus*

amyloliquefaciens en arroz variedad ANAR 97, demostrando una reducción del 91 % del manchado de grano con un rendimiento superior a 7,1 t/ha (Ocón Zúniga H. J., 2022)

Por su parte (Jeane A. de la Cruz, 2024) revisaron el uso de *Trichoderma spp.* en arroz, destacando su acción multifacética: producción de enzimas hidrolíticas (quitinasas, celulasas), competencia por nutrientes, antibiosis y micoparasitismo. Además, resaltan su capacidad de inducir defensas sistémicas en la planta anfitriona. En el contexto ecuatoriano, y particularmente en las zonas productoras como Samborondón, aún no se han desarrollado estudios que comparen directamente la eficacia de estos biocontroladores frente a fungicidas químicos tradicionales, ni en la variedad Éxodo 11. Por lo tanto, la aplicación de estos hallazgos a la realidad local exige un análisis empírico en campo, adaptado a las condiciones agroecológicas de la región, lo cual constituye la razón central de la presente investigación.

El manchado del grano de arroz es una enfermedad que, como su nombre lo indica, genera distintos tipos y tamaños de manchas y/o deformaciones en la cáscara y en el interior del grano, o en ambas partes. (UNNE, 2023)

Es ocasionado principalmente por hongos, y como consecuencia puede afectar la calidad culinaria ocasionando granos yesosos y de diferentes tonalidades. Es una patología que aparece todos los años en las distintas regiones arroceras de la provincia de Corrientes, a la que quizás no se le presta suficiente atención, en parte por la escasa información con rigor científico sobre sus características, efectos e incidencia. (UNNE, 2023)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades del cultivo

2.2.1.1 Origen

El arroz (*Oryza sativa L.*) es un cultivo de gran relevancia histórica cuya domesticación se remonta a tiempos remotos, particularmente en regiones del sudeste asiático tropical y del

sur de la India, donde se estima que comenzó alrededor del año 3000 a.C. Sin embargo, establecer con exactitud su origen y proceso de expansión a nivel mundial resulta complejo, debido a la existencia de registros tanto de su crecimiento como planta silvestre como de su utilización en prácticas religiosas y ceremoniales en diversas culturas antiguas. (Jiménez, 2021)

Características	Éxodo INIAP 11
Origen	CIAT
Rendimiento en riego (t/ha)	5,9
Ciclo vegetativo (días)	5,5 a 6,8
Altura de planta (cm)	110 - 115
Long. Grano descascarado (mm)	Largo
Índice de pilado (%)	68
Desgrane	Intermedio
Latencia en semanas	4 - 6
Quemazón (Piricularia grisea)	Resistente
Manchado del grano (%)	Moderadamente resistente
<i>Sarocladium oryzae</i>	Moderadamente resistente
Hoja Blanca	Moderadamente resistente
<i>Rhizoctonia solani</i>	Tolerante
Sogata (<i>Tagosodes oryzae</i>)	Resistente
Acame de plantas	Resistente

Tabla 1. Característica de Éxodo INIAP 11 (INIAP, 2023)

2.2.1.2 Taxonomía

Acevedo et al., (2006) menciona que la taxonomía del arroz es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Bambusoideae

Tribu: Oryzeae

Género: *Oryza*

Especie: *Oryza sativa* L.

2.2.1.3 Morfología

El cultivo de arroz dispone de varios órganos vegetativos:

Raíz

En cuanto a las raíces en las primeras etapas de crecimiento de la planta de arroz son cremosas, ramificadas y vistosamente gruesas; en el desarrollo se alargan y es en este periodo que se vuelven flácidas con ramificación abundante. Este cultivo cuenta con dos tipos de raíces (seminales y adventicias), las raíces seminales viven corto tiempo dando lugar a las adventicias, las cuales resultan de los nudos subterráneos de los tallos. Las raíces adventicias son fibrosas con raíces secundarias y pelos radicales (Abdel-Hamid , Samah M, Asmaa B., & Aziza A., 2023).

Tallo

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una gramínea con tallos cilíndricos y articulados, compuestos por nudos sólidos e internudos huecos cuya longitud varía según la variedad. Los entrenudos basales permanecen cortos y gruesos, lo que confiere firmeza a la base del tallo. En estos nudos se desarrollan los vástagos, también conocidos como macollas o tallos secundarios, a partir de yemas axilares situadas en los nudos inferiores, contribuyendo al crecimiento vegetativo del cultivo (Mohapatra, 2021)

Hojas

Las hojas del arroz (*Oryza sativa* L.) se desarrollan desde los tallos, y la hoja superior que se encuentra justo debajo de la panícula conocida como hoja bandera o flag leaf suele ser más corta y ancha que las demás. En una hoja madura se distinguen dos partes principales: la vaina que envuelve al tallo y la lámina. En la base foliar, en la unión entre la vaina y la lámina, se localizan las aurículas (pequeñas estructuras en forma de gancho útiles para la identificación varietal) y justo encima de ellas se encuentra la lígula (una membrana delgada y translúcida que ayuda a prevenir la entrada de agua y patógenos). (Gong, 2024)

En la unión entre estas dos partes se encuentran las aurículas, que son pequeñas estructuras en forma de gancho a cada lado de la base foliar, útiles para la identificación varietal. Justo encima de las aurículas se ubica la lígula, una membrana delgada y translúcida con forma triangular, cuya función principal es impedir la entrada de agua y agentes patógenos entre la vaina y el tallo. Además, en la superficie de la lámina foliar, especialmente en hojas jóvenes, pueden observarse tricomas, que son pelos epidérmicos que ayudan en la protección contra insectos, regulación térmica y reducción de la pérdida de agua. (Zhang, 2024)

Panícula

Corresponde a la floración propia de la planta de arroz, y estas pueden ser abiertas, compactas e intermedias, dependiendo del ángulo que formen las ramificaciones al surgir del eje de la panícula. El peso juega un papel fundamental este al igual que el número de espiguillas por panícula son variable dependiendo a la variedad (Agata, 2025).

Espiga

Las estructuras florales del arroz se componen de un eje central denominado raquis, que sostiene una flor simple. Esta flor está constituida por dos brácteas inferiores conocidas como glumas estériles y dos superiores llamadas glumas florales, formadas por la lemma

(externa) y la palea (interna), las cuales en conjunto conforman la espiguilla fértil encargada de proteger los órganos reproductivos de la flor. (Zhou, 2020)

Flor

La flor está formada por seis estambres y un pistilo. Los estambres consisten en filamentos delgados que sostienen anteras cilíndricas, las cuales se abren por medio de una apertura longitudinal en la teca, permitiendo la liberación del polen de manera eficiente durante la antesis. Cada antera puede contener entre 500 y 1.000 granos de polen, los cuales son pequeños y ligeros, facilitando su dispersión principalmente por el viento. El pistilo está compuesto por un ovario unilocular, un estilo corto y dos estigmas plumosos que actúan como superficies receptoras del polen. Estos estigmas, por su estructura ramificada y pelosa, incrementan considerablemente la capacidad de capturar granos de polen en el ambiente. Además, la flor del arroz es hermafrodita, pero presenta una breve antesis, durante la cual la flor se abre por un corto periodo en las primeras horas de la mañana para permitir la polinización. (Olivo, 2022)

Grano

El grano de arroz es un fruto seco indehiscente del tipo cariósipide, en el cual la semilla está completamente fusionada a la pared del ovario maduro, formando una estructura única y compacta. Está compuesto por una cáscara o cascarilla externa, también conocida como glumelas, que incluye la lemma y la palea, y puede presentar una arista (prolongación rígida y puntiaguda de la lemma) dependiendo de la variedad. Estas estructuras protegen al grano durante su desarrollo en la espiga. Además, el grano se conecta al eje floral a través del raquis, que es la parte central de la espiguilla donde se insertan las flores. En el interior de la cáscara se encuentra el endospermo, que almacena almidón y proteínas, y el embrión, que da origen a la nueva planta. La superficie del grano también puede presentar una cutícula cerosa que contribuye a la protección contra humedad y patógenos. Este tipo de fruto es

característico de las gramíneas y tiene gran importancia económica y nutricional a nivel mundial. (Olivo, 2022)

2.2.2. Cultivo de arroz en Ecuador

En Ecuador, el cultivo de arroz está principalmente concentrado en la región costa, que representa aproximadamente el 98 % de la superficie total destinada a este cereal. Las provincias de Guayas y Los Ríos lideran en extensión sembrada y producción, aunque presentan diferencias en sus sistemas productivos debido a factores climáticos y niveles de tecnificación. **(INEC, 2023)** Por ejemplo, en Guayas se pueden realizar hasta tres ciclos de cultivo al año, mientras que en Los Ríos la producción suele limitarse a un ciclo por temporada, influenciado por las condiciones ambientales y prácticas agrícolas predominantes. **(MAG., 2022).**

2.2.3 Principales enfermedades que atacan el cultivo del Arroz

2.2.3.1 Manchado del grano

El manchado del grano es una enfermedad compleja que surge de la interacción entre el hospedero, el patógeno y el ambiente, manifestándose desde la etapa de floración hasta la maduración del arroz. Se presenta en forma de pequeñas manchas oscuras que pueden extenderse hasta cubrir toda la superficie del grano. Esta afección impacta negativamente en aspectos productivos, como el rendimiento (aumento del vaneado, menor poder germinativo, reducción del vigor y tamaño de las plántulas, disminución de granos por panoja y del peso de los granos afectados), así como en la calidad (menos granos enteros, mayor fragilidad en el molido, presencia de granos yesosos y con coloraciones anómalas). Su aparición está influenciada por factores climáticos, genéticos, biológicos y por prácticas agronómicas como el uso de fertilizantes nitrogenados. (Olivo, 2022)

2.2.3.2 Pudrición de la vaina

La infección se desarrolla principalmente en la parte superior de la vaina durante la fase de embuchamiento del cultivo de arroz, etapa crítica en la que se forman las espigas dentro de la planta. Esta enfermedad es provocada por el hongo *Sarocladium oryzae* Sawada, agente patógeno conocido por su capacidad de afectar seriamente la sanidad de las vainas foliares.

Los síntomas iniciales se caracterizan por la aparición de manchas con forma rectangular e irregular. Estas presentan una coloración grisácea en el centro, mientras que los bordes pueden ser completamente marrones o parcialmente marrones, lo que da lugar a un contraste distintivo. A medida que la enfermedad avanza, las lesiones tienden a expandirse de manera gradual y pueden confluir entre sí, lo que lleva a la afectación total de la vaina del pecíolo, comprometiendo su funcionalidad y estructura. (Olivo, 2022)

Aunque esta enfermedad no aparece de forma recurrente en cada ciclo productivo, en ocasiones representa un problema fitosanitario relevante cuando las condiciones ambientales, como alta humedad y temperaturas elevadas, favorecen su desarrollo. Por ejemplo, el tizón del arroz (*Magnaporthe oryzae*) se ha reportado en más de 85 países donde se cultiva este cereal, lo que evidencia su amplia distribución global y refuerza la necesidad de un monitoreo constante para su prevención y control (**Conde, 5(7), 667.**).

2.2.3.2 Complejo del manchado del grano de arroz

El cultivo de arroz demanda cuidados específicos para asegurar su adecuado crecimiento y desarrollo, considerando factores fitosanitarios como una fertilización adecuada, el manejo efectivo de malezas y la prevención de enfermedades (Agripac, 2022). El manchado del grano en arroz impacta negativamente en el rendimiento del cultivo y provoca el deterioro del grano entero, conocido como "quemado". Esta afección puede ser originada por diversos factores, entre ellos la presencia de hongos transmitidos por la semilla, como *Sarocladium oryzae*, *Bipolaris oryzae* y otros. Además, el uso inadecuado de productos

químicos puede favorecer el desarrollo de resistencia en los patógenos, dificultando el control efectivo de esta condición. (Olivo, 2022)

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Espacial



El estudio se llevará a cabo en plantaciones de *Oryza sativa* L. ubicadas en el recinto la Delicia, cantón Samborondón, provincia del Guayas.

3.1.2 Temporal

El estudio se realizará durante el ciclo productivo del arroz correspondiente a la segunda temporada de siembra del año 2024, de septiembre a diciembre. Esta fecha coincide con una de las épocas tradicionalmente utilizadas por los productores de Samborondón, ya que las condiciones climáticas, como temperaturas elevadas y lluvias intermitentes, favorecen el desarrollo del cultivo. Estos factores permiten una adecuada germinación, crecimiento vegetativo y llenado de grano, etapas claves para un buen rendimiento.

3.1.3 Población

La población de estudio estará conformada por los habitantes del cantón Samborondón, provincia del Guayas, Ecuador, quienes se ven directamente impactados por los resultados de esta investigación. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, Samborondón ha experimentado un crecimiento poblacional significativo, lo que resalta la relevancia de abordar problemáticas vinculadas al impacto de los tratamientos biológicos en cultivos agrícolas clave, como el arroz (*Oryza sativa L.*). Esta investigación tiene como objetivo no solo mejorar las prácticas de producción agrícola, sino también contribuir al desarrollo sostenible de la región, beneficiando a su población mediante soluciones que equilibren la productividad y la sostenibilidad

3.2 Enfoque de la investigación

3.2.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada y experimental. Se centra en evaluar la efectividad de diferentes productos químicos en el control del manchado de grano de arroz, generando conocimientos que puedan ser utilizados directamente en el manejo de esta enfermedad en condiciones de campo.

3.2.2 Diseño de investigación

El diseño es experimental, con ensayos en condiciones controladas y en campo abierto. Se empleará un diseño completamente al aleatorio con varios tratamientos químicos y un testigo (sin aplicación de químicos).

3.3 Metodología

3.3.1 Variables

3.3.1.1 Variable independiente

El tipo y dosis de producto químico utilizado para el control del manchado de grano. Esto incluye fungicidas comerciales recomendados para enfermedades fúngicas del arroz, aplicados en diferentes concentraciones y etapas del cultivo.

Uso de controladores biológicos como son *Trichoderma harzianum* *Trichoderma koningii* con una composición de esporas de 1×10^9 UFC cada una y el uso de *Bacillus spp.*, con una composición de bacterias de 1×10^{10} UFC, para controlar las diferentes enfermedades y patógenos que causan el manchado del grano.

3.3.1.2 Variable dependiente

La incidencia y severidad del manchado de grano en el arroz, medidas en términos de porcentaje de granos afectados y nivel de decoloración en relación con los tratamientos aplicados.

1. Proporción de la totalidad del grano manchado (%).
2. Altura a la planta a lo largo del ciclo.
3. Número de espigas por planta.
4. Número de macollo por plantas.
5. Peso de 1000 granos y cuál es la cantidad de granos manchados.

3.3.2 Hipótesis

El uso de controladores químico en el manejo del manchado de grano de arroz reduce significativamente la incidencia y severidad de los patógenos causantes del manchado de grano en el Cantón Samborondón, provincia del Guayas.

El uso de controladores biológicos en el manejo del manchado de grano de arroz reduce significativamente la incidencia y severidad de los patógenos causantes del manchado de grano en el Cantón Samborondón, provincia del Guayas.

3.3.3 Diseño experimental

El diseño de la investigación es de tipo experimental, con la ejecución de ensayos en campo abierto. Se utilizará un diseño completamente al azar, que incluirá múltiples tratamientos químicos y biológicos, además de un tratamiento testigo como referencia.

3.3.4 Recursos

Tabla 2. Tabla de recursos

Material	Unidad	Cantidad	Valor total \$
Preparación del terreno			70.00
Semilla variedad Éxodo 11	qq	1.00	95.00
Siembra	-	-	90.00
Control de malezas			40.00
Fertilización			90.00
Control de plagas			50.00
Combustible usado para el Riego			40.00
Cosecha			35.00
<i>Diluyentes y Acondicionadores</i>	Lt	1.00	27.00
Ciprodinil + Fludioxinil	Lt	1.00	18.00
Clorhidrato de polihexametileno	Lt	1.00	30.00
<i>Trichoderma harzianum + Trichoderma koningii</i>	Lt	1.00	20.00
<i>Bacillus</i>	Lt	1.00	40.00
Total			\$575.00

3.3.5 Métodos y técnicas

Se implementará un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones, evaluando el efecto de diferentes dosis de fungicidas en el control del manchado de grano de arroz.

Metodología de aplicación:

Los fungicidas se aplicarán en momentos clave del desarrollo del cultivo, principalmente en las etapas de floración y llenado de grano.

Se utilizará bombas de mochila para garantizar uniformidad en la aplicación.

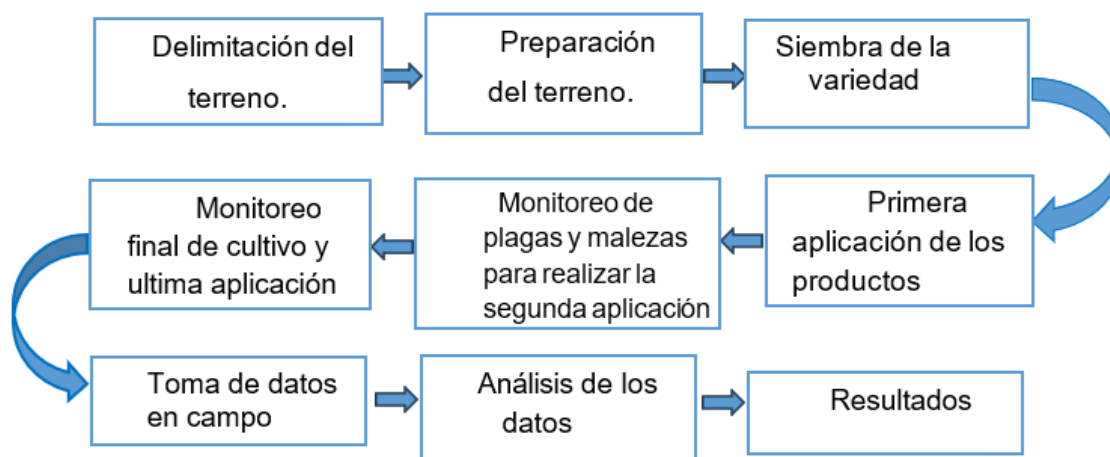
Técnicas de medición:

La incidencia y severidad del manchado se evaluarán mediante muestreos alzar realizados en los diferentes tratamientos. Las muestras se tomarán directamente de las espigas, contabilizando el número de granos manchados por espiga, lo que permitirá obtener datos precisos y representativos sobre la magnitud del problema en cada condición evaluada.

La calidad de los granos se verá después de la cosecha con diferentes protocolos como el peso y un análisis visual de la cantidad de granos manchados obtenidos.

El método utilizado en el presente trabajo de investigación fue de tipo experimental de campo, mediante la implementación de un ensayo enfocado en estimar la eficacia de diferentes tratamientos para el control del manchado del grano de arroz. El estudio se llevó a cabo en la zona de Samborondón y comprendió la evaluación de características agronómicas del cultivo bajo cinco tratamientos: dos biológicos, *Bacillus spp.* y *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii*

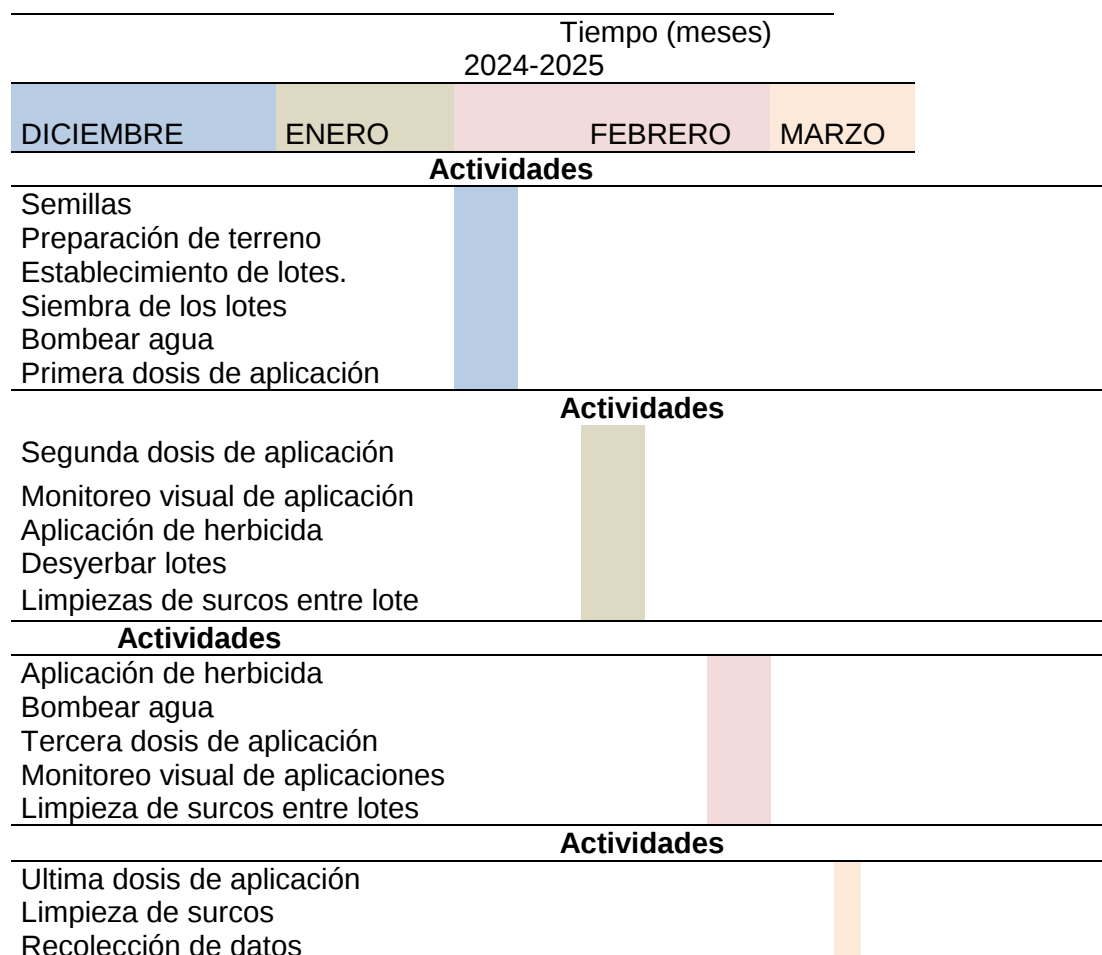
y tres químicos, Diluyentes y Acondicionadores, ciprodinil + fludioxonil y clorhidrato de polihexametileno. Cada tratamiento se aplicó con tres repeticiones bajo un diseño completamente al azar. A lo largo del ciclo del cultivo se aplicaron los productos y se



evaluaron variables agronómicas como el número de macollos, altura de planta, número de espigas por planta, cantidad de granos por espiga, peso de mil granos y porcentaje de granos manchados.

Figura 2. Diagrama de flujo de actividades experimentales

3.3.5.1 Diagrama de flujo de las actividades experimentales a realizar durante su trabajo de titulación



3.3.6 Análisis estadístico

En el análisis estadístico de los datos obtenidos, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones para evaluar la eficacia de diferentes tratamientos biológicos y químicos sobre la incidencia y severidad del manchado del grano en arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Éxodo 11. Se utilizaron pruebas de significancia (ANOVA) para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos, y en los casos donde se encontraron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para comparar medias usando el programa estadístico Infostat versión estudiante. Los resultados permitieron

identificar qué tratamientos presentaron una mejor respuesta en el control del manchado, evidenciado por una menor incidencia y mayor calidad del grano, permitiendo así establecer recomendaciones agronómicas para el cantón Samborondón durante el ciclo productivo 2025. Se especifican de forma precisa las variables sometidas a análisis estadístico, entre ellas altura de planta, número de espigas por planta, número de macollos, número de granos por espiga, peso de mil granos y porcentaje de granos manchados, evaluadas bajo diferentes tratamientos químicos y biológicos. Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) cuyo resumen se presenta en las tablas correspondientes, permitiendo identificar las diferencias estadísticas.

4. Resultados y Discusión

Evaluación del efecto de controladores químicos y biológicos en el desarrollo agronómico del cultivo de arroz.

A continuación, en las tablas podemos observar el parámetro del desarrollo de la altura de planta, numero de bulbos por macollo, granos manchados por espiga y granos por espiga y la perdida de cosecha por manchado de grano, tanto en el control químico como en el control biológico.

Tabla 4

Altura (cm) promedio del arroz con tratamiento biológico.

Media de tendencia	<i>Bacillus</i> Dosis			<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Trichoderma koningil</i>			Testigo
	30 mL	50 mL	100 mL	20 mL	30 mL	60 mL	
N	20	20	20	20	20	20	20
Suma	1687	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Promedio	84,35	80	80	80	80	80	80
Desv. Estándar	9,9909	0	0	0	0	0	0
Varianza	99,818	0	0	0	0	0	0
C.V.	11,845	0	0	0	0	0	0
Mínimo	60	80	80	80	80	80	80
Mediana	80	80	80	80	80	80	80
Máximo	102	80	80	80	80	80	80

Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerreiro, 2025).

El tratamiento con *Bacillus* a una dosis de 30 mL presentó el mayor promedio (84,35), lo que indica una mejor respuesta del cultivo en comparación con los demás tratamientos y el testigo, mostrando una variación moderada entre los datos.

Por otro lado, los tratamientos con *Bacillus* a 50 mL y 100 mL, así como las tres dosis de *Trichoderma* (20, 30 y 60 mL), tuvieron un promedio de 80, igual al del testigo sin aplicación, lo que muestra que, estos tratamientos no aportaron mejoras visibles frente a no aplicar ningún producto.

El testigo se consideró el tratamiento menos eficiente, ya que obtuvo el mismo resultado que varios tratamientos aplicados, evidenciando que solo la dosis de 30 mL de *Bacillus* fue eficaz en mejorar la variable evaluada.

Tabla 5

Altura (cm) promedio con tratamiento químico utilizados en el cultivo de arroz.

Media de tendencia	Diluyentes y Acondicionadores			Ciprodinil + Fludioxinil			Clorhidrato de polihexametileno			Testigo
	Dosis 30cc	50cc	100cc	20g	30g	60g	20g	30g	60g	
N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Suma	1762,0	1676,0	1756,0	1869,0	1697,0	1766,0	1682,0	1727,0	1698,0	1600
Promedio	88,1	83,8	87,8	93,5	84,9	88,3	84,1	86,4	84,9	80
Desv. Estándar	11,9	3,3	5,6	11,0	5,3	7,3	7,5	7,5	6,1	0
Varianza	141,2	10,7	31,2	120,9	28,3	53,8	56,8	56,3	36,6	0
C.V.	13,5	3,9	6,4	11,8	6,3	8,3	9,0	8,7	7,1	0
Mínimo	74,0	78,0	77,0	73,0	78,0	77,0	75,0	72,0	77,0	80
Mediana	84,5	83,0	88,0	97,5	85,0	87,5	82,0	87,0	86,0	80
Máximo	106,0	90,0	98,0	108,0	95,0	104,0	97,0	98,0	94,0	80

Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerreño, 2025).

El tratamiento que presentó la mayor altura promedio fue Ciprodinil + Fludioxinil a una dosis de 20 g, con un valor de 93,5 cm, seguido por Diluyentes y Acondicionadores a 30 cc (88,1 cm) y Clorhidrato de polihexametileno a 30 g (86,4 cm), esto indica una mejor respuesta del cultivo en términos de crecimiento en comparación con los demás tratamientos.

Los tratamientos con valores intermedios se observaron en Clorhidrato de polihexametileno a 20 g y 60 g (84,1 y 84,9 cm, respectivamente), así como Ciprodinil + Fludioxinil a 30 g (84,9 cm). Aunque estos tratamientos superaron al testigo, su efecto fue menos destacado. El testigo sin aplicación presentó el promedio más bajo (80 cm), lo que evidencia que todos los tratamientos químicos aplicados lograron una mejora en la altura del cultivo, aunque con diferentes niveles de efectividad.

En cuanto a la variabilidad de los datos, los tratamientos con menores coeficientes de variación fueron Diluyentes y Acondicionadores a 50 cc (3,9%) y Ciprodinil + Fludioxinil a 30 g (6,3%), lo que indica una mayor uniformidad en las respuestas obtenidas dentro de esos grupos.

Tabla 6

Número de espigas por macollo con tratamiento biológico en el cultivo de arroz para el control de manchado de grano.

Media tendencia	de Dosis	<i>Bacillus</i>			<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma koningii</i>			+ Testigo
		30 mL	50 mL	100 mL	20 mL	30 mL	60 mL	
N		20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Suma		471,0	485,0	472,0	480,0	480,0	497,0	456,0
Promedio		23,6	24,3	23,6	24,0	24,0	24,9	22,8
Desv. Estándar		4,0	3,3	3,1	3,3	3,5	3,8	3,0
Varianza		16,0	10,7	9,7	11,1	12,2	14,0	8,9
C.V.		17,0	13,5	13,2	13,9	14,6	15,1	13,1
Mínimo		18,0	18,0	19,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Mediana		23,5	24,5	23,0	24,0	24,5	25,5	23,0
Máximo		29,0	29,0	28,0	29,0	29,0	29,0	28,0

Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerreiro, 2025).

El tratamiento que presentó el mayor número promedio de espigas por macollo fue *Trichoderma* a 60 mL, con un valor de 24,9 espigas, seguido por *Bacillus* a 50 mL (24,3) y *Trichoderma* a 20 y 30 mL, ambos con un promedio de 24,0 espigas. En el grupo intermedio se ubicaron *Bacillus* a 30 mL y 100 mL, ambos con un promedio de 23,6 espigas, lo que

muestra una respuesta moderada del cultivo. A pesar de no alcanzar los valores más altos, estos tratamientos superaron al testigo.

El testigo sin aplicación presentó el promedio más bajo (22,8 espigas por macollo), indicando que todos los tratamientos biológicos evaluados contribuyeron a mejorar la formación de espigas en comparación con la no aplicación.

Tabla 7

Número de macollas por macolla con tratamiento químico en el cultivo de arroz

Media de tendencia	Diluyentes y Acondic ionadores			Ciprodinil + Fludioxinil			Clorhidrato de polihexametileno			Testigo
	Dosis									
	30cc	50cc	100cc	20g	30g	60g	20g	30g	60g	
N	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Suma	410,0	393,0	405,0	439,0	433,0	435,0	465,0	423,0	447,0	456,0
Promedio	20,5	19,7	20,3	22,0	21,7	21,8	23,3	21,2	22,4	22,8
Desv.										
Estándar	2,1	1,9	2,5	3,1	2,8	2,5	3,2	1,5	2,0	3,0
Varianza	4,5	3,6	6,4	9,7	7,8	6,3	10,0	2,1	3,9	8,9
C.V.	10,3	9,7	12,5	14,2	12,9	11,5	13,6	6,9	8,9	13,1
Mínimo	17,0	17,0	17,0	18,0	17,0	18,0	19,0	19,0	19,0	18,0
Mediana	20,5	19,5	21,0	20,5	22,5	21,0	23,0	21,0	23,0	23,0
Máximo	25,0	23,0	24,0	28,0	25,0	25,0	29,0	23,0	25,0	28,0

Fuente: Elaboración propia (Navarrete, Guerreo, 2025).

El tratamiento que presentó el mayor número promedio de macollas fue el Clorhidrato de polihexametileno a 20 g con 23,3 macollas y a 60 g (22,4) y el testigo (22,8) tuvo un comportamiento similar o incluso superior a varios tratamientos aplicados, lo que sugiere que algunos productos no incrementaron significativamente la macollamiento.

Entre los tratamientos aplicados, Clorhidrato de polihexametileno a 20 g fue el que mostró el mayor efecto positivo, superando al resto de productos químicos evaluados. En segundo orden se ubicaron Ciprodinil + Fludioxinil a 20, 30 y 60 g (con promedios de 22,0; 21,7 y 21,8 respectivamente), mostrando respuestas productivas intermedias.

Los tratamientos con Diluyentes y Acondicionadores, en sus tres dosis, obtuvieron los promedios más bajos, especialmente a 50 cc (19,7), indicando una menor respuesta en la formación de macollas frente al resto de tratamientos y al testigo.

Tabla 8

Número de granos por espiga con tratamiento biológico en el cultivo de arroz.

Media de tendencia	<i>Bacillus</i>			<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma koningii</i>			+ Testigo
	Dosis 30 mL	50 mL	100 mL	20 mL	30 mL	60 mL	
Numero plantas	20	20	20	20	20	20	20
Suma	3202	3174	3185	3186	3180	3218	3027
Promedio	160,1	158,7	159,3	159,3	159,0	160,9	151,4
Desv. Estándar	7,6	9,1	8,8	6,9	8,7	8,2	9,6
Varianza	58,4	83,0	77,7	47,2	76,2	67,6	92,7
C.V.	4,8	5,7	5,5	4,3	5,5	5,1	6,4
Mínimo	146,0	146,0	145,0	146,0	145,0	147,0	140,0
Mediana	161,5	157,0	158,5	159,0	157,5	162,0	149,0
Máximo	172,0	173,0	172,0	172,0	172,0	172,0	175,0

Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerreiro, 2025).

En el análisis del número de granos por espiga, se observaron diferencias en el rendimiento según el tipo y la dosis del tratamiento biológico aplicado. El tratamiento con *Trichoderma* a una dosis de 60 mL registró el mayor promedio, con 160,9 granos por espiga, destacándose como la alternativa más eficaz entre las evaluadas, seguido por *Bacillus* a 30 mL, con un promedio de 160,1 granos, y *Trichoderma* a 20 mL, con 159,3 granos, lo que indica una respuesta productiva favorable a estas formulaciones en las condiciones del ensayo.

En un segundo grupo, con resultados intermedios, se ubicaron *Bacillus* a 100 mL (159,3 granos), *Trichoderma* a 30 mL (159,0 granos) y *Bacillus* a 50 mL (158,7 granos). Si bien estos tratamientos también superaron al testigo, las diferencias fueron menos pronunciadas, aunque mantienen su relevancia agronómica por su efecto positivo sobre el rendimiento.

Por otro lado, el testigo sin aplicación de productos biológicos presentó el promedio más bajo, con 151,4 granos por espiga, evidenciando que todas las formulaciones evaluadas de *Bacillus* y *Trichoderma* mejoraron la producción de granos respecto a la condición sin tratamiento.

Tabla 9
de granos por espiga con tratamiento químico en el cultivo de arroz.

Número

Media tendencia	Diluyentes de Acondicionadores			Y Ciprodinil + Fludioxinil			Clorhidrato polihexametileno			de Testigo 0
	Dosis 30cc	50cc	100cc	20g	30g	60g	20g	30g	60g	
N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Suma	3175,0	3170,0	3145,0	3233,0	3191,0	3215,0	3339,0	3262,0	3364,0	3027,0
Promedio	158,8	158,5	157,3	161,7	159,6	160,8	167,0	163,1	168,2	151,4
Desv. Estándar	10,2	7,8	7,1	8,8	6,5	7,4	9,8	9,5	7,6	9,6
Varianza	103,0	60,3	50,6	77,2	42,8	55,5	97,0	91,0	57,2	92,7
C.V.	6,4	4,9	4,5	5,4	4,1	4,6	5,9	5,9	4,5	6,4
Mínimo	146,0	146,0	146,0	147,0	149,0	149,0	145,0	149,0	155,0	140,0
Mediana	157,5	158,0	157,5	163,0	162,0	164,0	169,0	162,0	169,5	149,0
Máximo	178,0	171,0	170,0	173,0	167,0	171,0	180,0	178,0	178,0	175,0

Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerreño, 2025).

La aplicación de tratamientos químicos mostró efectos diferenciados en la variable número de granos por espiga.

El tratamiento sobresaliente fue Clorhidrato de polihexametileno a una dosis de 60 g, con un promedio de 168,2 granos por espiga, seguido por la misma sustancia a 20 g (167,0 granos) y a 30 g (163,1 granos). Evidenciándose un efecto positivo y consistente del Clorhidrato de polihexametileno en la mejora del rendimiento del cultivo de arroz, superando ampliamente al testigo.

En segundo orden, se ubicaron los tratamientos con Ciprodinil + Fludioxinil, especialmente a 20 g (161,7 granos) y 60 g (160,8 granos), mostrando también una respuesta favorable en comparación con los diluyentes y el testigo. Los tratamientos con Diluyentes y Acondicionadores obtuvieron promedios más bajos, con valores de 158,8; 158,5 y 157,3 granos para las dosis de 30, 50 y 100 cc, respectivamente, siendo los menos efectivos entre los productos evaluados.

El testigo, sin aplicación de químicos, presentó el promedio más bajo (151,4 granos por espiga), confirmando que todos los tratamientos químicos mejoraron el número de granos por espiga, aunque con diferente magnitud.

Tabla 10 Número de granos por manchados por espiga con tratamiento biológico en el cultivo de arroz

Media de tendencia	<i>Bacillus</i>			<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Trichoderma koningil</i>			Testigo
	Dosis						
	30 mL	50 mL	100 mL	20 mL	30 mL	60 mL	
N	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Suma	232,0	253,0	236,0	240,0	237,0	235,0	356,0
Promedio	11,6	12,7	11,8	12,0	11,9	11,8	17,8
Desv. Estándar	1,3	1,2	1,6	1,6	1,5	1,3	2,2
Varianza	1,7	1,4	2,5	2,6	2,2	1,8	4,9
C.V.	11,3	9,3	13,4	13,5	12,6	11,3	12,4
Mínimo	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	14,0
Mediana	11,5	13,0	11,0	12,0	12,0	11,5	19,0
Máximo	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	20,0

Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerreño, 2025).

En la evaluación del número de granos manchados por espiga, los tratamientos biológicos aplicados mostraron una clara reducción del daño en comparación con el testigo. El tratamiento más efectivo fue *Bacillus* a 30 mL, con un promedio de 11,6 granos manchados por espiga, seguido muy de cerca por *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningil* a 60 mL (11,8) y *Bacillus* a 100 mL (11,8). Reflejando una menor incidencia del manchado de grano bajo estos tratamientos, lo cual muestra una acción protectora de las formulaciones microbianas frente al agente causal del daño.

Los tratamientos con *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningil* a 20 mL y 30 mL y *Bacillus* a 50 mL mostraron promedios ligeramente superiores, con valores entre 11,9 y 12,7 granos manchados, aunque también representaron una mejora considerable respecto al testigo. En particular, *Bacillus* a 50 mL fue el tratamiento con el mayor promedio dentro del

grupo biológico (12,7), pero aun así redujo el daño en más de 5 granos por espiga en comparación con el testigo.

El testigo, sin aplicación de productos biológicos, presentó el valor más alto de granos manchados, con un promedio de 17,8 granos por espiga, lo que indica un nivel de daño significativamente mayor frente a todos los tratamientos evaluados.

Tabla 11 Número
de granos por manchados por espiga con tratamiento químico en el cultivo de arroz.

Media de tendencia	Diluyentes Acondicionadores			y Ciprodinil + Fludioxinil			Clorhidrato de polihexametileno			Testigo 0
	Dosis 30cc	50cc	100cc	20g	30g	60g	20g	30g	60g	
N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Suma	175	189	220	122	143	139	88	59	80	356
Promedio	8,75	9,45	11	6,10	7,15	6,95	4,40	2,95	4,00	17,80
Desv. Estándar	2,49	2,46	1,72	1,83	1,76	1,64	2,39	2,24	2,77	2,21
Varianza	6,20	6,05	2,95	3,36	3,08	2,68	5,73	5,00	7,68	4,91
C.V.	28,45	26,03	15,61	30,04	24,55	23,56	54,39	75,78	69,30	12,44
Mínimo	5,00	6,00	9,00	4,00	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	14,00
Mediana	8,50	9,50	11,00	5,50	8,00	7,00	4,00	3,00	4,00	19,00
Máximo	14,00	14,00	14,00	9,00	9,00	9,00	8,00	8,00	8,00	20,00

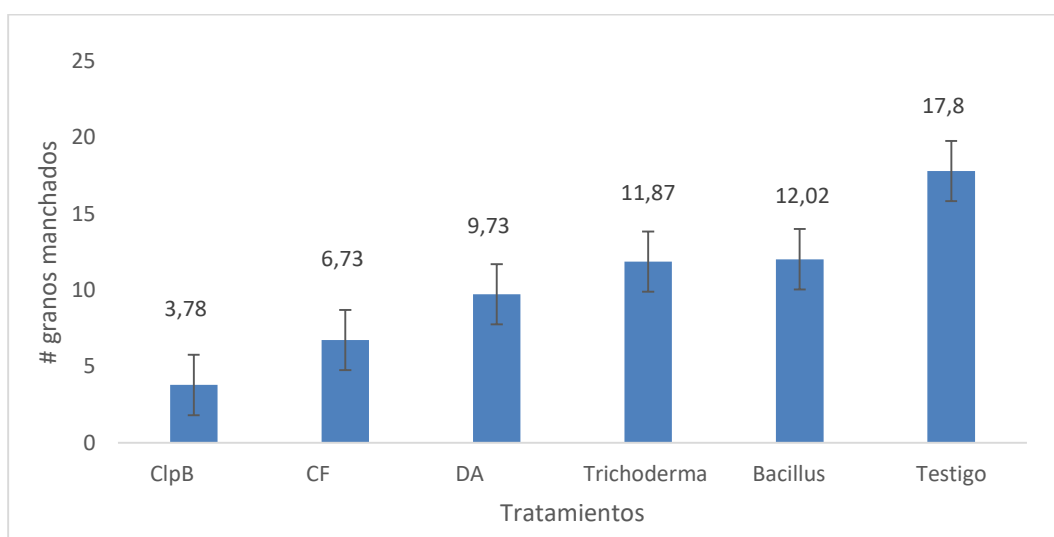
Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerreiro, 2025).

En cuanto al número de granos manchados por espiga, los tratamientos químicos evaluados mostraron una reducción significativa en comparación con el testigo, el Clorhidrato de polihexametileno a 30 g, que presentó el promedio más bajo de granos manchados (2,95), seguido por la misma sustancia a 20 g (4,40) y a 60 g (4,00), evidenciándose que, el Clorhidrato de polihexametileno es altamente eficaz para controlar el manchado de grano en arroz.

Los tratamientos con Ciprodinil + Fludioxinil en sus distintas dosis presentaron promedios intermedios, con valores que oscilan entre 6,10 y 9,45 granos manchados, evidenciando una reducción moderada del daño en comparación con el testigo.

Por su parte, los Diluyentes y Acondicionadores mostraron los valores más altos dentro de los tratamientos químicos, con promedios que van desde 8,75 a 11 granos manchados, lo que indica una menor eficacia relativa para controlar el daño.

El testigo, sin aplicación de productos, registró el valor más alto con un promedio de 17,80 granos manchados por espiga, confirmando el impacto negativo del manchado de grano cuando no se realiza ningún tratamiento.



DA= Diluyentes y Acondicionadores. CF= Ciprodinil + Fludioxinil, CP= Clorhidrato de polihexametileno biguanida.

Figura 1. Numero de granos manchados por tratamientos (Navarrete y Guerrero, 2025).

Los resultados muestran que el tratamiento con Clorhidrato de polihexametileno biguanida presentó el menor porcentaje de granos manchados (3,78%), lo que indica una alta eficacia en la reducción de este problema. Seguido por Ciprodinil + Fludioxonil con 6,73% y Diluyentes y Acondicionadores con 9,73%.

En cambio, los tratamientos biológicos como *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii* (11,87%) y *Bacillus* (12,02%) presentaron porcentajes intermedios, aunque mejores que el testigo sin tratamiento, que alcanzó el mayor valor de granos manchados con 17,8%.

Tabla 12

Anova de variables en estudio

	F.V.	Suma de cuadrado	Gl	Cuadrado medio	F	p-valor
Macollas	Tratamientos	567,88	4	141,97	16,42	<0,0001
	Dosis	17,81	2	8,9	1,03	0,3583
	Tratamientos*Dosis	71,06	8	8,88	1,03	0,4152
	Error	2463,6	285	8,64		
	Total	3120,35	299			
Espigas	Tratamientos	662,1	4	165,53	19,39	<0,0001
	Dosis	14,82	2	7,41	0,87	0,421
	Tratamientos*Dosis	53,88	8	6,73	0,79	0,6129
	Error	2433,45	285	8,54		
	Total	3164,25	299			
Altura de planta	Tratamientos	3685,13	4	921,28	21,74	<0,0001
	Dosis	270,5	2	135,25	3,19	0,0456
	Tratamientos*Dosis	521,77	8	65,22	1,54	0,1434
	Error	12078,6	285	42,38		
	Total	16556	299			
Tamaño de espigas	Tratamientos	164,5	4	41,13	5,32	0,0004
	Dosis	59,78	2	29,89	3,86	0,0521
	Tratamientos*Dosis	57,72	8	7,22	0,93	0,4898
	Error	2205	285	7,74		
	Total	2487	299			
Grano espigas	Tratamientos	2286,65	4	571,66	8,21	<0,0001
	Dosis	158,43	2	79,21	1,14	0,3221
	Tratamientos*Dosis	256,07	8	32,01	0,46	0,8838
	Error	19847,45	285	69,64		
	Total	22548,6	299			
Granos manchados	Tratamientos	3003,42	4	750,86	204,86	<0,0001
	Dosis	14,09	2	7,04	1,92	0,1483
	Tratamientos*Dosis	86,88	8	10,86	2,96	0,0034
	Error	1044,6	285	3,67		
	Total	4148,99	299			

(Navarrete y Guerrero, 2025).

En la figura 10, se observa el Anova entre los grupos de control biológico y químico

Tabla 13 Anova de variables de control biológico y químico

		F.V.	Suma de cuadrado	Gl	Cuadrado medio	F	p-valor
Biológico	Macollas	Tratamientos	7,01	1	7,01	0,58	0,4494
		Dosis	4,47	2	2,23	0,18	0,8325
		Error	1411,32	116	12,17		
		Total	1422,79	119			
	Espigas	Tratamientos	7,01	1	7,01	0,58	0,4494
		Dosis	4,47	2	2,23	0,18	0,8325
		Error	1411,32	116	12,17		
		Total	1422,79	119			
	Altura de planta	Tratamientos	63,07	1	63,07	3,62	0,0597
		Dosis	126,15	2	63,07	3,62	0,0299
		Error	2022,7	116	17,44		
		Total	2211,93	119			
	Tamaño de espigas	Tratamientos	0,08	1	0,08	0,01	0,927
		Dosis	29,72	2	14,86	1,67	0,1924
		Error	1030,8	116	8,89		
		Total	1060,59	119			
	Grano espigas	Tratamientos	4,41	1	4,41	0,07	0,7986
		Dosis	31,52	2	15,76	0,23	0,7919
		Error	7819,87	116	67,41		
		Total	7855,79	119			
	Granos manchados	Tratamientos	0,68	1	0,68	0,33	0,5691
		Dosis	5,72	2	2,86	1,38	0,2556
		Error	240,2	116	2,07		
		Total	246,59	119			
Químicos	Macollas	Tratamientos	56,31	2	28,16	4,49	0,0125
		Dosis	39,88	2	19,94	3,18	0,0459
		Error	1096,81	175	6,27		
		Total	1192,99	179			
	Espigas	Tratamientos	148,41	2	74,21	12,36	<0,0001
		Dosis	35,54	2	17,77	2,96	0,0544
		Error	1050,82	175	6		
		Total	1234,78	179			
	Altura de planta	Tratamientos	920,93	2	460,47	7,64	0,0007
		Dosis	172,43	2	86,22	1,43	0,242
		Error	10549,58	175	60,28		
		Total	11642,95	179			
	Tamaño de espigas	Tratamientos	112,74	2	56,37	8,24	0,0004
		Dosis	65,38	2	32,69	4,78	0,0095
		Error	1196,61	175	6,84		
		Total	1374,73	179			
	Grano espigas	Tratamientos	1967,23	2	983,62	14,03	<0,0001
		Dosis	145,03	2	72,52	1,03	0,3575
		Error	12265,53	175	70,09		
		Total	14377,8	179			
	Granos manchados	Tratamientos	1062,1	2	531,05	106,77	<0,0001
		Dosis	29,2	2	14,6	2,94	0,0557
		Error	870,45	175	4,97		
		Total	1961,75	179			

Fuente:(Navarrete y Guerrero, 2025).

Se observaron diferencias significativas en el número de culmos y de espigas, lo que evidencia que el tratamiento químico influyó directamente en el desarrollo vegetativo de las plantas. Asimismo, se registraron efectos positivos en la altura de las plantas, así como en el tamaño de las espigas, mostrando que los tratamientos contribuyeron a una mayor expresión del potencial morfológico del cultivo.

La variable número de granos manchados mostró una diferencia altamente significativa, lo que demuestra la eficacia del control químico para reducir la presencia de grano afectado. Esta variable es especialmente importante por su relación directa con la calidad comercial del arroz.

Tabla 14

Análisis comparativo de tratamientos biológicos para el control de manchado de grano.

Biológico	Producción (kg)	Manchados (%)	Pérdida (kg)	Producción (t/ha)	Pérdida (t/ha)	Pérdida (%)
<i>Bacillus</i>	18 kg	7,39%	2,68%	0,018 t/ha	0,00048 t/ha	2,68%
<i>Trichoderma</i>	12 kg	4,93%	1,92%	0,012 t/ha	0,00023 t/ha	1,92%

Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerreiro, 2025).

El análisis la producción bajo tratamientos biológicos mostró diferencias en la reducción de pérdidas causadas por el manchado de grano en arroz. El tratamiento con *Bacillus* aplicado a 18 kg produjo una pérdida de solo 2,68%, lo que se traduce en una pérdida aproximada de 0,18 toneladas por hectárea. Indicando una reducción del daño, contribuyendo a mantener una producción cercana al potencial esperado.

Por su parte, el tratamiento con *Trichoderma* a 12 kg presentó una pérdida menor, de 1.92%, equivalente a una pérdida de aproximadamente 0,012 toneladas por hectárea. Este resultado evidencia una capacidad superior para mitigar el manchado de grano en comparación con *Bacillus*, con una reducción de la pérdida en producción cercana al 1%.

Tabla 15

Análisis comparativo de tratamientos químico para el control de manchado de grano.

Tratamiento	Producción (kg)	Manchados (%)	Pérdida (kg)	Producción (t/ha)	Pérdida (t/ha)	Pérdida (%)
Diluyentes y Acondicionadores	10 kg	4,88%	1,17%	0,010 t/ha	0,000117 t/ha	1,17%
Ciprodinil + Fludioxinil	8 kg	4,70%	1,00%	0,008 t/ha	0,00008 t/ha	1,00%
Clorhidrato de polihexametileno biguanida	12 kg	2,10%	1,35%	0,012 t/ha	0,000162 t/ha	1,35%

Fuente: Elaboración propia (Navarrete y Guerrero, 2025), AE (área experimental).

Los tratamientos aplicados mostraron diferencias en la cantidad de producción, el porcentaje de frutos manchados y las pérdidas. El Clorhidrato de polihexametileno produjo 12 kg y fue el mejor, pero también fue el que más pérdidas tuvo (1,35%), lo que indica que, aunque ayuda a obtener mayor producción en el cultivo de arroz, una parte se pierde por problemas de calidad.

El tratamiento con Ciprodinil + Fludioxinil (8 kg) fue el que menos produjo (0,008 t/ha), pero tuvo la menor pérdida (1,00%), este tiene mejor calidad y el Diluyentes y Acondicionadores (10 kg) tuvo una producción intermedia (0,010 t/ha) y una pérdida del 1,17%, por lo que se puede considerar como un punto medio entre cantidad y calidad.

En la figura 2.

Se muestra los datos de producción según los tratamientos aplicados

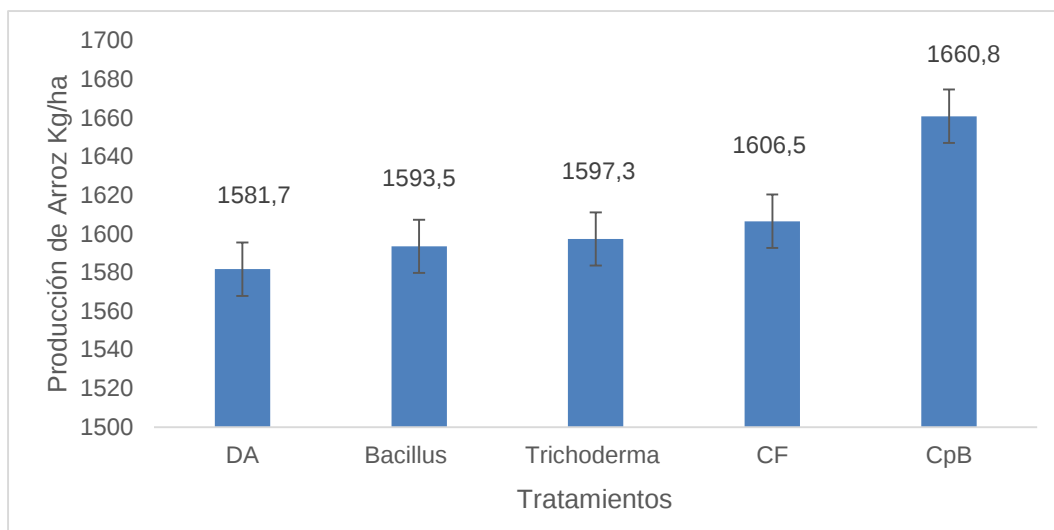


Figura 2. Datos de producción de grano de arroz kg/ha (Navarrete y Guerrero 2025).

El tratamiento con Clorhidrato de polihexametileno biguanida fue el que generó la mayor producción, con 1660,8 kg/ha, lo que indica que es el más eficiente para aumentar el rendimiento del cultivo. Le sigue Ciprodinil + Fludioxinil, con 1606,5 kg/ha, también con un buen nivel de producción.

Los tratamientos biológicos como *Trichoderma* (1597,3 kg/ha) y *Bacillus* (1593,5 kg/ha) también mostraron buenos resultados, aunque ligeramente menores que los tratamientos químicos, lo que los convierte en alternativas sostenibles. Por último, el tratamiento con Diluyentes y Acondicionadores tuvo la menor producción (1581,7 kg/ha), aunque la diferencia con los demás tratamientos no es muy grande.

4.1 Discusión

El análisis de los tratamientos biológicos aplicados en el cultivo de arroz evidenció efectos positivos sobre diversas variables agronómicas clave, según el tipo de microorganismo utilizado. En general, *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii*, Demostró una mayor eficiencia que *Bacillus* spp., especialmente en variables relacionadas con la reproducción y la sanidad del cultivo, como el número de granos por espiga y el porcentaje de grano manchado. Esto se alinea a las Propiedades promotoras del crecimiento vegetal y controladores eficaces de Fito patógenos mediante mecanismos como el antagonismo, la microparasitación y la estimulación de defensas inducidas en la planta.

Desde el punto de vista del rendimiento reproductivo, los tratamientos con *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii* lograron una media de 160.9 granos por espiga, superando incluso a varios tratamientos químicos. Este resultado reafirma su potencial como biocontrolador eficaz no solo en la protección del grano, sino también en el estímulo de la productividad del cultivo. En contraste, los tratamientos con *Bacillus* spp. Alcanzaron medias ligeramente inferiores, como en el caso de *Bacillus* con 160.1 y 158.7 granos por espiga, respectivamente. Aunque estas cifras también superaron a los testigos, reflejan una menor estabilidad en comparación con los valores obtenidos.

En cuanto a la sanidad del grano, los tratamientos con *Trichoderma* + *harzianum* *Trichoderma koningii* mostraron un porcentaje de granos manchados que osciló entre 4.93% y 7.55%, mientras que *Bacillus* registró cifras entre 7.26% y 8.01%. El valor mínimo se observó con *Trichoderma* T3 (4.93%), indicando una reducción del daño causado por patógenos en más del 70% con respecto al testigo (17.8%). Esta diferencia sugiere que *Trichoderma* no solo posee mayor capacidad de competencia con hongos patógenos, sino que también estimula mecanismos de defensa en la planta.

Por último, la variable de pérdida de producción también evidenció un mejor desempeño del tratamiento con *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii*, con una pérdida estimada de solo 1.92%, frente al 2.68% registrado con *Bacillus*. Esta diferencia, aunque sutil en la escala experimental, adquiere relevancia en condiciones comerciales, donde incluso pequeños porcentajes de pérdida pueden representar impactos económicos significativos. En este sentido, los resultados consolidan la viabilidad de *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii*. Como una alternativa sostenible, eficaz y ambientalmente segura dentro del manejo integrado del cultivo de arroz.

Entre los productos evaluados, la Plata coloidal, en su dosis más alta, presentó los mejores resultados. Este tratamiento logró una reducción considerable en el porcentaje de granos manchados, registrando apenas un 2,10%, con un promedio de 3.85 granos manchados por espiga. Este comportamiento podría estar asociado a su capacidad de amplio espectro, ya documentada en otros estudios, lo que lo convierte en una opción eficiente para el manejo de enfermedades del grano. Asimismo, este tratamiento mostró buena respuesta en otras variables como el número de granos por espiga, con valores superiores a 165, y una pérdida de producción estimada por manchado inferior al 1,5%.

El tratamiento con Ciprodinil + Fludioxinil también arrojó resultados sobresalientes. En su dosis de 60 g, el porcentaje de granos manchados se redujo a 2,32%, ubicándose como uno de los más efectivos del ensayo. Este comportamiento se sustenta en el modo de acción complementario de sus componentes: uno interfiere con procesos vitales en el metabolismo de los patógenos, mientras que el otro altera la membrana celular, lo que reduce la capacidad de infección. Además, este tratamiento registró una altura promedio de planta de 93,45 cm, lo que indica una respuesta positiva también a nivel morfológico.

En el caso de yodo libre, si bien mostraron efectos favorables en el control del manchado, su eficacia fue relativamente menor frente a los otros tratamientos químicos. La dosis de 100 cc alcanzó un 7,43% de manchado, lo cual, aunque inferior a los testigos

(superiores al 10%), no logró el mismo nivel de control que los otros tratamientos. A pesar de ello, en variables como el número de granos por espiga y altura de planta, los valores obtenidos fueron aceptables, con media de 159,6 granos y 85,95 cm, respectivamente.

En la comparación de los tratamientos biológicos y químicos aplicados al cultivo de arroz, se observaron diferencias notables en el efecto que cada uno tuvo sobre las variables agronómicas evaluadas. El tratamiento químico mostró una mayor capacidad para generar diferencias significativas en la mayoría de las variables, incluyendo el número de culmos y espigas, donde el tratamiento biológico no logró marcar diferencias claras entre los grupos.

Ambos tratamientos, sin embargo, tuvieron un impacto significativo sobre la altura de las plantas, el tamaño de la espiga y el número de granos por espiga, lo que indica que tanto las estrategias biológicas como las químicas pueden influir positivamente en el desarrollo de la planta y su capacidad productiva.

La variable más relevante fue el número de granos manchados, en la cual se evidenciaron diferencias altamente significativas bajo ambos tratamientos. Esto sugiere que tanto los métodos biológicos como los químicos fueron eficaces para incidir sobre esta característica crítica, relacionada con la calidad del grano, aunque el tratamiento químico mostró un efecto más pronunciado. El control químico presentó una eficacia más consistente en todas las variables estudiadas, mientras que el control biológico mostró potencial particularmente en aspectos vinculados a la sanidad del grano y parámetros reproductivos de la planta, aunque con menor contundencia en ciertas variables estructurales como el número de espigas y culmos.

Trichoderma harzianum + *Trichoderma koningii* como un microorganismo multifuncional, capaz de controlar fitopatógenos mediante antagonismo y, además, de mejorar el desarrollo vegetal al favorecer la actividad radicular y la absorción de nutrientes.

En cuanto a la investigación permiten identificar que tanto los tratamientos químicos como los biológicos influyeron positivamente en la reducción del manchado de grano y en las

variables de rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Éxodo 11. No obstante, el tratamiento químico con Plata coloidal a 60 g y el biológico con *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii* a 60 mL destacaron por presentar los mejores resultados en número de granos por espiga y menor cantidad de granos manchados, superando de forma significativa al testigo.

Los resultados obtenidos con *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma koningii* y *Bacillus* spp. Coinciden con lo reportado en investigaciones recientes. Por ejemplo, *Trichoderma harzianum* ha demostrado ser eficaz en el control de *Fusarium* spp. Y *Curvularia* spp. En arroz, mediante competencia por espacio, micoparasitismo y liberación de enzimas hidrolíticas (Silva de Oliveira et al, 2021).

En relación con estudios lo reportado por (Ocón Zúniga H. J., 2022), quien encontró que *Bacillus amyloliquefaciens* logró reducir el manchado hasta en un 91 % en arroz variedad ANAR 97. Así mismo, (Mau, 2022) documentaron la eficacia de cepas de *Trichoderma* indígenas como agentes de control biológico frente a *Drechslera oryzae*, patógeno asociado al manchado del grano, observando efectos positivos tanto en la sanidad como en el rendimiento del cultivo. Estos resultados refuerzan la capacidad de estos microorganismos para inhibir patógenos mediante mecanismos como antibiosis, micoparasitismo e inducción de resistencia sistémica

Sin embargo, lo descrito por (Debnath et al. (2020), donde el *Bacillus* mostró superioridad sobre el *Trichoderma* en ambientes húmedos, en este estudio los tratamientos con *Trichoderma* fueron más eficaces, lo cual puede atribuirse a las condiciones agroclimáticas locales durante el ciclo de cultivo, caracterizadas por temperaturas elevadas y lluvias intermitentes, condiciones que podrían haber favorecido su establecimiento en la rizósfera.

Meza et al, 2022, también identificaron una alta eficacia del uso combinado de Ciprodinil y Fludioxinil frente a enfermedades en cereales, destacando que sus mecanismos

de acción actúan de forma complementaria: mientras uno interfiere con procesos metabólicos esenciales del hongo, el otro compromete la integridad de su membrana.

Por su parte, Clorhidrato de polihexametileno biguanida, aunque menos utilizado tradicionalmente en arroz, ha mostrado en ensayos recientes ser eficaz contra un amplio espectro de microorganismos fitopatógenos, gracias a su acción por interacción electrostática con la membrana celular de hongos y bacterias. En el presente estudio, este compuesto alcanzó un 2,10% de manchado, siendo el tratamiento químico más efectivo en términos absolutos. Es relevante ya que plantea una alternativa viable y con menor toxicidad residual en comparación con fungicidas tradicionales.

5. Conclusiones

El presente estudio demostró que tanto los tratamientos químicos como biológicos ejercieron efectos positivos en el desarrollo agronómico y sanitario del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Los tratamientos químicos, especialmente aquellos a base de Ciprodinil + Fludioxinil y Clorhidrato de polihexametileno biguanida, destacaron por su alta eficacia en la reducción del porcentaje de granos manchados, alcanzando valores mínimos. Esto evidenció un control más efectivo de los patógenos responsables del manchado, lo que repercute directamente en la mejora de la calidad del grano y la reducción de pérdidas poscosecha.

Por su parte, los tratamientos biológicos con *Trichoderma spp.* Y *Bacillus spp.* También mostraron efectos favorables, particularmente en parámetros como la altura de planta, el número de granos por espiga y la reducción del porcentaje de granos manchados respecto al testigo. El tratamiento con *Trichoderma* alcanzó un rendimiento 4.93% de granos manchados, representando una alternativa viable para sistemas de producción sostenible.

Los análisis estadísticos confirmaron que los tratamientos químicos generaron diferencias significativas en todas las variables evaluadas, mientras que los biológicos influyeron principalmente en variables reproductivas y en la calidad del grano. Esto sugiere que el control químico tiene un impacto más amplio y contundente en el sistema productivo, aunque el biológico presenta ventajas ecológicas importantes, como menor toxicidad, protección del suelo y prevención de resistencias.

Se pudo identificar que el tratamiento químico que obtuvo los mejores resultados en la reducción del manchado de grano fue el Clorhidrato de polihexametileno biguanida, específicamente en su dosis más alta, alcanzando un valor mínimo de 2.10% de granos manchados, lo que refleja una eficacia notable en el control de patógenos. Por otro lado, dentro del grupo de tratamientos biológicos, el mejor desempeño lo presentó *Trichoderma spp.*, con un porcentaje de manchado de 4.93%, significativamente inferior al de los

tratamientos biológicos restantes y muy por debajo del testigo. Estos resultados evidencian que, si bien los tratamientos químicos fueron más efectivos en términos absolutos, el uso de controladores biológicos también representó una estrategia viable, particularmente para sistemas de producción sostenible o de bajo impacto ambiental.

6. Recomendaciones

Se concluye que la implementación de aplicaciones combinadas o alternadas entre tratamientos químicos y biológicos constituye una estrategia eficaz para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de arroz. Esta práctica no solo permite disminuir de manera significativa la incidencia del manchado del grano, sino que también contribuye a prevenir la aparición de cepas de patógenos resistentes a los fungicidas de uso comercial, situación cada vez más frecuente debido al uso indiscriminado de estos productos. En este contexto, se recomienda el establecimiento de esquemas de rotación o combinación estratégica entre agentes químicos y biológicos, con base en criterios técnicos y fenológicos, lo cual permite optimizar la eficacia de los tratamientos, reducir los riesgos ambientales asociados al uso prolongado de agroquímicos y promover una agricultura más sostenible.

En relación con los tratamientos químicos, se destaca la importancia de su aplicación durante las fases críticas del desarrollo fenológico del cultivo, en especial durante la etapa de emergencia de la espiga y el llenado de grano, que son los momentos de mayor susceptibilidad a la infección por hongos causantes del manchado. En este sentido, se recomienda la utilización de productos de comprobada eficacia como la combinación de Ciprodinil + Fludioxinil, así como el Clorhidrato de polihexametileno biguanida, aplicados de forma dirigida y en dosis adecuadas. La correcta sincronización de estas aplicaciones con las fases fenológicas del cultivo resulta fundamental para maximizar el control de la enfermedad y minimizar la aparición de residuos en el producto final.

Por otra parte, se resalta el papel fundamental de los agentes de biocontrol en el contexto del manejo fitosanitario del cultivo de arroz. Específicamente, el uso de microorganismos benéficos como *Trichoderma spp.* y *Bacillus spp.* ha demostrado ser altamente eficaz no solo en la reducción de la incidencia del manchado de grano, sino también en la promoción del crecimiento vegetal, la mejora de la sanidad radicular y la inducción de mecanismos de defensa sistémica en las plantas. La incorporación de estos agentes en los programas de manejo integrado no solo representa una alternativa ecológicamente viable

frente al uso intensivo de fungicidas químicos, sino que también contribuye a fortalecer la resiliencia del agroecosistema y a mejorar la productividad del cultivo a mediano y largo plazo.

7. Referencias Bibliográficas

- Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., & Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), Trabajo especial. *Agronomía Tropical*, ISSN 0002-192X. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2006000200001&script=sci_arttext
- Agata, A. (2025, abril 4). Mecanismos genéticos subyacentes a la diversa arquitectura de las panículas del arroz. *Biociencia, Biotecnología y Bioquímica*. <https://doi.org/10.1093/bbb/zbae189>
- Agripac. (2022). *Guía arroz Agripac*. https://es.scribd.com/document/668290470/guia-arroz-agripac?utm_source
- Agrizon. (s.f.). *Yonex 500 ml: Activador fisiológico con doble acción*. https://agrizon.com/products/yonex-500-ml-activador-fisiologico-con-una-doble-accion?srsId=AfmBOooNewPXF5Agm7pU74TQ64wedda8Bpj2TPQmNFY7O_7tfFISPCP
- Agrolink. (s.f.). *Bioestimulante con yodo libre para aplicación foliar o radicular*. <https://agrolink.ec/producto/bioestimulante-absorcion-nutrientes-agritop/>
- Alvarado-Aguayo, A., Pilaló-David, W., Torres-Sánchez, S., & Torres-Sánchez, K. (2019). Efecto de *Trichoderma harzianum* en el control del mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) en cultivos de pepino. *Agronomía Costarricense*, 43(1), 101–111.
- Avgust. (s.f.). *Flupron: Fungicida agrícola en gránulos dispersables*. <https://avgust.com.ec/productos/flupron/>
- Bettiol, W., Rivera, M., Rivera, M., & Mena, J. (2014). *Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe*.

- Begna, T., & Teressa, T. (2024). Genetic variability and its benefits in crop improvement. *Advances in Crop Science and Technology*, 12(2), 671. <https://doi.org/10.36632/mejar/2024.13.1.6>
- Buelvas Jiménez, M. (2021). Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz: Importance of climate factors in rice crop. *CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA*, 6(1), 28–34. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1080>
- Burgos, A. (2017). *Evaluación de la dinámica de Trichoderma spp. en el cultivo de arroz (Oryza sativa), en el cantón Colimes, provincia del Guayas* [Tesis de Ingeniería, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6086/1/TB648.pdf>
- Cabrera Zambrano, Y. P. (2020). *Uso de biocontroladores para el manejo de sogata (Tagosodes orizicolus M.) en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.), Colimes-Guayas* [Trabajo de titulación, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio CIA–Universidad Agraria del Ecuador. (URL pública si está disponible)chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CABRERA%20ZAMBRANO%20YAMILET%20PAMELA_compressed.pdf
- Cano, J. L. (2022). *Efecto de productos biofungicidas sobre la sanidad del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en dos localidades de la provincia de Los Ríos* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11146>
- Colina, E., Pinto, J., Castro, C., García, G., & León, J. (2018). Interacción de fungicidas y fertilizantes sobre el complejo manchado de grano en arroz de secano. *Journal of Science and Research*, 3(11), 10–17.

- Conde, S. (2025). Rice pests and diseases around the world: Literature-based assessment with emphasis on Africa and Asia. *Agriculture*, 15(7), 667. <https://doi.org/10.3390/agriculture15070667>
- Debnath, S., Chakraborty, G., Dutta, S., Chaudhuri, S., Das, P., & Saha, A. (2020). Potencial de especies de *Trichoderma* como biofertilizante y control biológico en el cultivo de *Oryza sativa* L. *ResearchGate*, 20(1), 1–16. https://www.researchgate.net/publication/342436478_Potential_of_Trichoderma_species_as_biofertilizer_and_biological_control_on_Oryza_sativa_L_cultivation
- FAO. (2019). *FAOSTAT: Datos de producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Galvis, F., & Carrillo, M. (2015). Identificación y caracterización molecular de aislados de *Burkholderia glumae*: agente causante del añublo bacterial en el cultivo de arroz. *Información Tecnológica*, 26(3), 33–40. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000300006>
- Gallo, F., & Villavicencio, B. (s.f.). *Efecto de la aplicación edáfica y foliar de Trichoderma harzianum sobre las características agronómicas del cultivo de pepino* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/5862d8fb-8a34-4747-9e10-3893eb95aac6>
- Genagro. (s.f.). *Cyprodinil + Fludioxonil: Ficha técnica y modo de acción*. CorpMontana. <https://www.corpmontana.com/genagro/producto/cyflunil>
- Gómez, V. (2017). *Control químico del manchado de grano en el cultivo de arroz en la zona de CEDEGE, Babahoyo* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio UTB. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3367/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gong, X. C. (2024). Advancements in rice leaf development research. *Plants*, 13(6), 904. <https://doi.org/10.3390/plants13060904>
- González, I., Torres, C., Jines, Á., Verdezoto, V., & Ramos, I. (2018). Aplicación de fungicidas sintéticos y orgánicos en el control de *Bipolaris oryzae* en arroz. *RECIAMUC*, 2(2), 525–540. <https://doi.org/10.26820/reciamuc/2.2.2018.525-540>
- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Mancheno, C. I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2023). *Producción agrícola por provincia y cultivo en Ecuador*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2023). *Material de siembra de arroz*. <https://tecnologia.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2023/11/iniap11.pdf>
- Jeane, A. (2024). Papel limitado de la diversidad fúngica en el mantenimiento de los procesos del suelo en pastizales sometidos a estrés concurrente por fungicidas. *Ciencias Ambientales Europa*, 36, 156. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-0156>
- Khamari, B. (2020). *Grain Discolouration: An Emerging Threat to Rice Crop*. *Research Biotica*, 2(2), 80–87. <https://doi.org/10.54083/resbio.2.2.2020.80-87>
- Khemruk, W., Boonchuay, D., Jungkhun, N., Klinmanee, C., & Kantachan, A. (2019). Biological Control of Rice Brown Spot by *Bacillus* Spp. in Thailand. *Proceedings*, 36(1), 217. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019036217>
- Kumar, N. D. (2021). Microbial biocontrol agents for sustainable management of plant pathogens. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 33, 102009. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102009>

- Kumar, V. S. (2020). *Bacillus amyloliquefaciens*: A promising biocontrol agent against rice pathogens. *Biological Control*, 150, 104346. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104346>
- Mau, Y. P. (2022). Eficacia de aislados autóctonos de *Trichoderma* de Timor Occidental, Indonesia, como agentes de biocontrol de la mancha marrón (*Drechslera oryzae*) en dos variedades de arroz de secano. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32, 62. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00562-6>
- Merchán Quimi, A. F. (2023, diciembre 14). *Efecto de Trichoderma harzianum como biocontrolador de enfermedades en el sistema productivo de arroz (Oryza sativa L.) en el cantón Santa Lucía* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MERCHAN%20QUIMI%20ALDO%20FABIAN.pdf>
- Meza, J., Treviño, G., Aguirre Uribe, L., & Flores, A. (2022). *Suplemento - Revista Mexicana de Fitopatología*. https://www.researchgate.net/publication/378234659_SUPLEMENTO_-_REVISTA_MEXICANA_DE_FITOPATOLOGIAMEXICAN_JOURNAL_OF_PHYTOPATHOLOGY
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2022). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. <https://www.agricultura.gob.ec>
- Mnif, I., & Ghribi, D. (2015). Potential of bacterial-derived biopesticides in pest management. *Crop Protection*, 77, 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.07.017>
- Mohapatra, P. K. (2021, noviembre 25). *Springer Nature Link*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67897-5_3

- Naveenkumar, R. (2017). Developing eco-friendly biofungicide for the management of major seed-borne diseases of rice and assessing their physical stability and storage life. *Comptes Rendus Biologies*, 340(4), 214–225. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2017.03.003>
- Ocón, H. (2022). *Efecto de bioplaguicidas comerciales a base de bacterias del género Bacillus sobre el manchado de grano y rendimiento en el cultivo de arroz (Oryza sativa L., cv. Anar-97)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4571>
- Patil, N. B., Ram, R., Mishra, R., & Todo es posible. (2021, agosto). Integrated approaches to rice disease management: Challenges and solutions. *Journal of Agricultural Research and Development*, 18(3), 45–58. https://www.researchgate.net/publication/358090833_Rice_Pest_Management_Using_Modern_Techniques_and_Novel_Approaches
- Pérez, M. (2021). Evaluación de biocontroladores frente a fungicidas químicos en el manejo del manchado del grano en arroz variedad Éxodo 11 en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Fitopatología*, 18(2), 85–97.
- Persaud, R. (2019). Plant extracts, bioagents and new generation fungicides in the control of rice sheath blight in Guyana. *Crop Protection*, 119, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.020>
- Persaud, R., Payman, G., Singh, N., Persaud, D. A., Khan, A., & Subramanian, G. (2022). Management of rice grain discoloration complex with the use of medicinal plant extracts and new generation fungicides under Guyana agricultural settings. *Current Investigations in Agriculture and Current Research*, 10(5), Article 329. Raghu, S. (2020). Grain discoloration in popular rice varieties (*Oryza sativa* L.) in Eastern India,

associated mycoflora, quality losses and management using selected biocontrol agents. *Products Research*, 88, 1–8. Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lupinepublishers.com/agriculture-journal/pdf/CIACR.MS.ID.000329.pdf

Retema. (2023). Europa debe reducir el uso de plaguicidas y sus impactos. *Retema*. <https://www.retema.es/noticia/europa-debe-reducir-el-uso-de-plaguicidas>

Rodrigo, R. A. (2016). *Efecto de Biohealth: Cepas de Trichoderma harzianum y Bacillus subtilis sobre enfermedades fungosas en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/1b8254df-6e8d-41ba-bfa5-b4b839d84c2b>

Ronquillo, N. (2024). *Efecto de bacteria fijadora de nitrógeno (Methylobacterium symbioticum) en dos variedades de arroz, cantón Daule, provincia del Guayas* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:-9C33alaYzwJ:scholar.google.com/+factores+que+limitan+la+produccionde+arroz+en+nicaragua&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2020

Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). La carga mundial de patógenos y plagas en los principales cultivos alimentarios. *Naturaleza, Ecología y Evolución*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>

Silva de Oliveira, R., Martins, A., Martins, A., Veras Nunes, H., Di Napoli Nunes, B., Borges Chagas, L., & Chagas Junior, A. (2021). Biocontrol *in vitro* of *Trichoderma* spp. for pathogens *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, and *Curvularia lunata*. *Revista de Ciências Agrárias*, 44(1), 61–70. <https://doi.org/10.19084/rca.21282>

- Solís Aguilar, A. J., & Armas Soto, M. C. (2017). La Alternativas biológicas para el manejo del complejo de manchado de grano en el cultivo de arroz en Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales Y Ambientales*, 11(1), 12. <https://doi.org/10.53591/cna.v11i1.264>
- Suresh Rao, S., Reddi Kumar, M., Madhusudhan, P., & Ravindra Reddy, B. (2018). Evaluation of bio-efficiency of rice-based fungicides against rice discoloration causing pathogen *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(7), 1373–1379. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.163>
- Thomas, G. W. (2020). Harnessing microbial volatiles to replace pesticides and fertilizers. *Microbial Biotechnology*, 13(5), 1366–1376. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13534>
- Torres Galvis, T. A. (2024). *Caracterización patogénica y toxigénica de especies de Fusarium identificadas a partir de una colección de aislamientos obtenidos de lesiones en plantas de arroz (Oryza sativa) en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias]. Universidad Nacional de Colombia. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/88a8464e-ed7-4dc1-9d77-33bd71761ad3/content
- Tutiven, J. (2022). *Eficacia de biofungicidas para el manejo de enfermedades en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en el cantón Daule* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/1a41d740-313c-4de5-88da-16997ddea8e8>
- Universidad Nacional del Nordeste [UNNE]. (2023, julio 28). *Manchado del grano de arroz: Aporte de la UNNE sobre una patología que afecta el rendimiento productivo*. <https://medios.unne.edu.ar/2023/07/28/manchado-del-grano-de-arroz-aporte-de-la-unne-sobre-una-patologia-que-afecta-el-rendimiento-productivo>

- Vasudevan, P., Saravanakumar, S., Venkatesan, B., Gnanamanickam, B., & Babujee, L. (2002). Control biológico de las enfermedades del arroz. https://www.researchgate.net/publication/299657571_Biological_Control_of_Rice_Diseases
- Vera, L. (2025, febrero 3). *Trichoderma spp.: Aliado clave contra el Fusarium oxysporum en cultivos de banano*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <https://tecnologia.iniap.gob.ec/2025/02/03/trichoderma-spp-aliado-clave-contra-el-fusarium-oxysporum-en-cultivos-de-banano/>
- Wang, M. L. (2019). Advances in microbial biocontrol agents for sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 279, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.016>
- Wu, T. Y. (2017). Breve revisión global de las especies de hongos causantes del oídio en cucurbitáceas y nuevos registros en Taiwán. *Mycologia Iranica*, 4(2), 85–91. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=325085>
- Zhang, F. F. (2024). Mecanismos moleculares que regulan el desarrollo de las uniones laminares en el arroz. *Agronomía*, 14(7), 1562. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071562>
- Zhou, Y. W. (2020). Floral organ development and genetic regulation in rice (*Oryza sativa*): A review. *Plant Physiology and Biochemistry*, 150, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.03.037>

9. Anexo

Figura 1: Producto a base de *Bacillus spp*



Figura 2: Producto a base de *Trichoderma spp.*



Figura 3: Producto a base de Ciprodinil + Fludioxinil



Figura 4: Producto a base de



Figura 5: Producto a base de



Figura 6: Preparación del terreno.



Figura 7: Semilla Éxodo INIAP 11



Figura 8: Medición de parcelas 5*5



Figura 9: Trasplante



Figura 10: Riego



Figura 11: Primera Dosificación



Figura 12: Limpieza de surcos



Figura 13: segunda dosificación



Figura 14: Monitoreo visual



Figura 15: 3 Dosificación



Figura 15: limpieza de surco



Figura 16: Toma de datos

